NUEVAS CARTILLAS CIENTÍFICAS

NOCIONES DE BIOLOGÍA

RECIENTEMENTE PUBLICADA

NOCIONES DE FISIOLOGÍA

Esta famosa *Cartilla*, escrita por el célebre médico inglés el DR. M. FOSTER, ha sido completamente reformada y puesta la materia á la altura de los conocimientos científicos de la época; pero conservando el plan del autor. La nueva edición castellana le fué encomendada al *Dr. Antonio Soler*, y está enriquecida con nuevas materias y grabados nuevos.

NUEVAS CARTILLAS CIENTÍFICAS

NOCIONES DE BIOLOGÍA

POR

EL PROFESOR H. W. CONN

TRADUCCIÓN DEL INGLÉS AL ESPAÑOL

POR EL DOCTOR ANTONIO SOLER

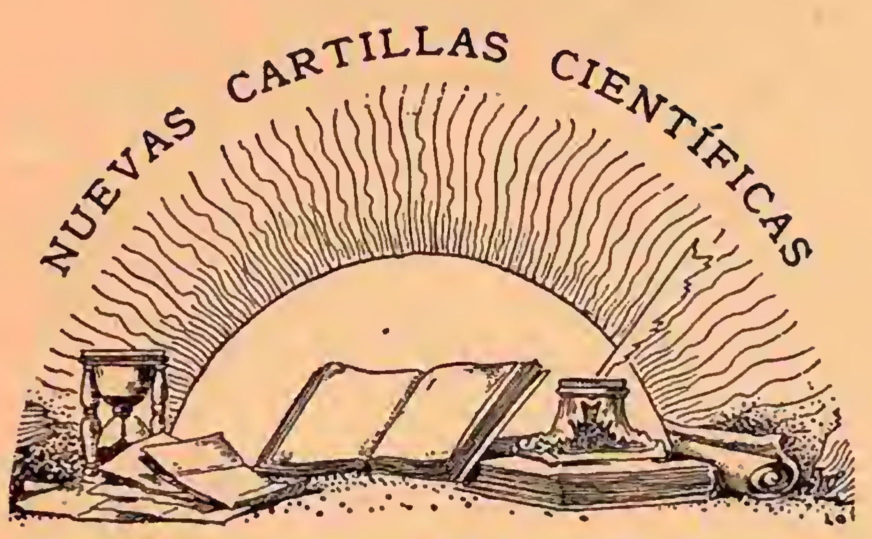
CON NUMEROSOS GRABADOS



NUEVA YORK

D. APPLETON Y CÍA., EDITORES

1904



UTILIDAD, INFLUENCIA Y VENTAJAS DE LOS CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

CIENCIA es el conocimiento cierto de las cosas, es decir, el conocimiento verdadero de las cosas, basado en sus principios y causas fundamentales.

Para mí, las lecciones más valiosas de toda enseñanza, son las que dan á los jóvenes medios para ayudarse á sí mismos, y la ciencia, que es el saber más útil, les da la confianza en su poder para dominar los obstáculos y vencer las dificultades en la lucha de la vida, por la vida, y para la vida.

El problema social es cada vez más complejo y difícil, por lo que hoy día, todos los pensadores serios están de acuerdo en que la instrucción cien-

tífica es el instrumento más poderoso para hacer frente al problema y resolverlo.

La enseñanza ha de comenzar en la cuna; la instrucción científica en la escuela, donde se debe estimular y desarrollar el espíritu de investigación, que coloca á la juventud en el seguro y ancho camino que conduce al conocimiento de la verdad científica.

* *
*

Con el objeto de satisfacer las necesidades de la instrucción científica elemental en los países españoles é hispanoamericanos, hace ya buen número de años que los Señores D. Appleton y Compañía comenzaron á publicar vertidas al castellano la serie de *Cartillas Científicas*; que desde el principio han tenido inmensa aceptación, y ésto, no obstante ser meras traducciones más ó menos correctas y en su mayor parte hechas por personas hábiles como traductores; pero ajenas á la enseñanza y sin conocimientos especiales en las diversas materias de que tratan. Sin embargo, tal es la influencia que han ejercido esos pequeños libros en algunos países, que observadores juiciosos han notado como signo bien claro, que allí donde más se han usado esas *Cartillas Científicas*, es donde mayor desarrollo ha tenido el espíritu de todo linaje de empresa y donde la juventud ha desplegado mejores aptitudes para el adelanto.

Hoy, que la Ley Internacional de Propiedad Literaria las pone al abrigo de los *piratas de la in-*

teligencia, que se han apropiado como suyas varias de las antiguas *Cartillas*, he querido con vivísimo empeño reformarlas todas, poniendo cada una de ellas en manos de persona, no sólo competente en la materia, sino avezada á enseñarla en la clase. Así salen ahora en lenguaje más correcto y apropiado, con texto completamente rehecho y puesta cada materia á la altura de la ciencia en nuestros días; adaptadas en cuanto es posible á nuestros países, con tipos nuevos y nuevas ilustraciones.

Además, se están vertiendo al español otras varias *Cartillas* enteramente nuevas, y la serie completa formará una biblioteca de ciencia moderna, que abrace todos los conocimientos humanos hasta los últimos adelantos en cada ramo del saber. Biblioteca ó serie de libros manuales, escrita por hombres notables de diversos países, utilísima para la juventud estudiosa y para todos; porque en ella hay siempre algo útil, provechoso y nuevo que aprender.

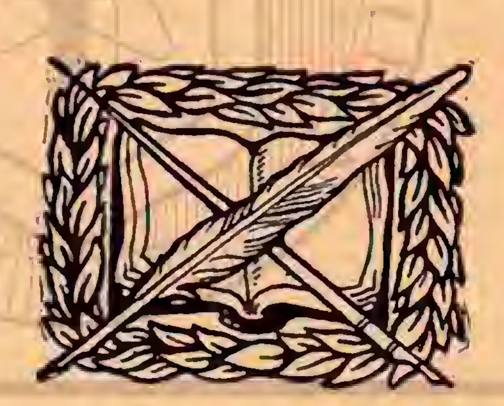
* * *

Cartillas ó *Nociones*, se llaman, y sin embargo de haber estudiado en obras voluminosas, enseñado y escrito sobre varias de las materias de que tratan durante muchos años, confieso que ahora mismo, al examinar los manuscritos, editar las *Nuevas Cartillas Científicas* y corregir las pruebas, encuentro, para mí, á cada paso, algo nuevo y útil que aprender en esos pequeños libros, verdaderos tesoros del saber, que debieran no sólo ser texto

en todas las escuelas y lectura predilecta en el hogar doméstico, sino andar también en manos de todo el que desee conocer la razón y el por qué de los fenómenos más comunes de la vida y del mundo, con la explicación más satisfactoria, que es siempre la que da la ciencia.

JUAN GARCÍA PURÓN.

NUEVA YORK, *Septiembre de 1900.*



NOCIONES DE BIOLOGÍA

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. **La biología como ciencia nueva.**—Mucho se ha hablado en estos últimos años de la biología como una ciencia nueva. Hace apenas treinta ó cuarenta años, el departamento de biología era prácticamente desconocido en las instituciones docentes, mientras que hoy, ningún establecimiento de enseñanza superior se considera completo si carece de esta sección. No deja esto de parecer extraño, puesto que la biología no es más que el estudio de los seres vivos, y éstos los estudió el hombre desde que comenzó á observar. Ya Aristóteles clasificó á los seres orgánicos cuatrocientos años antes de Jesucristo, y á través de los siglos se ha venido concediendo preferente atención al estudio de estas materias. Linneo erigió su sistema de clasificación antes de que existiera la química moderna: el estudio sistemático de la zoología precedió al de la física, y con mucha antelación á la fecha en que se concibiera la geología en la forma que hoy reviste, los reinos animal y vegetal se habían comprendido en un sistema científico. ¿Cómo, pues, se puede decir que la biología es una ciencia nueva, siendo así que es acaso la más antigua de todas?

Alguna razón ha de tener el hecho de que esta ciencia constituya una sección tan importante en los actuales planes de estudio. La razón no es difícil de encontrar. La biología es una ciencia nueva, no porque sean nuevos los objetos de que se ocupa, sino porque los considera desde un nuevo punto de vista. Largo tiempo ha que los animales y las plantas se han observado, mas no como se hace en la actualidad. Acaso podría explicarse gráficamente la diferencia que existe entre los antiguos métodos y los modernos, diciendo que antes se estudiaban los seres orgánicos en *reposo* y hoy se les estudia en *movimiento*. Los zoólogos y los botánicos de las pasadas edades se limitaban á mirar las plantas y los animales como ejemplares para los museos, donde los ordenaban y clasificaban con nombres adecuados. El biólogo de nuestros días considera los mismos objetos como seres activos, como partes de un todo que siempre está modificándose y cambiando. Para los que hace cincuenta años se dedicaban á la historia natural, los reinos orgánicos se componían de individuos que había que *clasificar*: para el biólogo de hoy, de individuos que hay que *explicar*.

Si ha de comprenderse bien esta nueva actitud, preciso es hacer una breve reseña histórica de los caracteres fundamentales del pensamiento filosófico. Cuando, en época muy lejana, comenzó el hombre á reflexionar acerca de los fenómenos de la naturaleza, apenas podía darse cuenta de ninguno de ellos. En su incapacidad para hacerse cargo de las actividades que por do quier le rodeaban, llegó á considerar las fuerzas de la Naturaleza como manifestaciones sobrenaturales, lo que era muy lógico. Él tenía conciencia de

su propio poder para obrar, y era natural supusiese que las actividades que le cercaban procedían de otros poderes por parte de un ser como él, pero superior á él. Como consecuencia de esto, llenó el universo invisible de dioses que gobernaban esas fuerzas de la Naturaleza, é hizo del viento la respiración de un dios y del rayo un dardo lanzado por la mano de otro dios.

Merced á los progresos de la inteligencia, las ideas politeistas ó de varios dioses, cedieron su lugar á las concepciones más nobles del monoteismo ó sea de un solo Dios. Á pesar de esto, durante mucho tiempo continuaron dominando en la filosofía las mismas ideas acerca de lo sobrenatural en sus relaciones con las cosas naturales. Los fenómenos que el hombre creía poder comprender los miraba como naturales, al par que los que no estaban al alcance de su inteligencia, eran para él extraordinarios, producto de la actividad directa de algún agente divino. Á medida que los siglos transcurrían y el poder observador del hombre se iba haciendo más perspicaz y su raciocinio más lógico, muchos de los hechos que había juzgado misteriosos se trocaron en inteligibles y explicables y los eliminó del dominio de lo sobrenatural, incluyéndolos en el orden de los naturales. Entre éstos fueron los primeros los fenómenos astronómicos. Los movimientos complicados, al mismo tiempo que armónicos, de los cuerpos celestes se habían reputado como inexplicables; y para dar razón de ellos se crearon muchos conceptos sublimes, dando origen el estudio de aquellos cuerpos á las más elevadas ideas respecto á la divinidad. Pero, surgió la ley de gravedad de Newton y todo el misterio quedó reducido á la mayor sencillez. La ley y la fuerza

de gravedad lo pusieron al alcance de la inteligencia humana y cesó de ser considerado como sobrenatural, entrando en la categoría de los fenómenos naturales.

Igual aconteció con otras ramas de estos mismos fenómenos. Estudiáronse las leyes y las fuerzas de la afinidad química y se comprendieron las leyes y las fuerzas físicas, adquiriéndose poco á poco la evidencia de que los diversos fenómenos de la Naturaleza eran simples resultados de las fuerzas de ella misma obrando de acuerdo con sus propias leyes. Á mediados del siglo XIX este progreso alcanzó un desarrollo tal, que los hombres científicos estaban dispuestos á creer que las fuerzas naturales eran suficientes para dar cuenta de todos los fenómenos. La ciencia pasó del reinado del misticismo al reinado de la ley.

Después que la física y la química con todos sus elementos agotaron su poder para explicar los fenómenos naturales, quedaba todavía un orden de hechos sin explicación. Los fenómenos relacionados con los seres vivos permanecían envueltos en el misterio. La vida parecía el más incomprensible de todos, y ninguna de las leyes y fuerzas descubiertas, suficientes para dar razón de estos hechos, bastaba para hacer inteligible el secreto de la vida. Los organismos se presentaban como productos exclusivos de una sola fuerza, estando todas sus formas y su estructura tan admirablemente adaptadas á los medios ambientes, que no podía dejar de pensarse que esta adaptación obedecía á un plan inteligente y no podía ser obra de la fuerza ciega ó de la casualidad. ¿Quién puede, por ejemplo, reflexionar en la manera como se acomoda el ojo á la luz, sin ver en ello el re-

sultado de un designio inteligente y superior? En todos los organismos se observan fenómenos de esta clase: son evidentemente mecanismos complicados cuyas diversas partes se ajustan por modo intrincado unas á otras y á los objetos que los rodean. Abstracción hecha de los seres organizados, las únicas máquinas que ofrecen una adaptación análoga á la de aquéllos, son las producidas por la inteligencia humana, lo que hacía lógica la deducción de que se necesitaba otra inteligencia similar y superior para dar razón del organismo viviente. La acción ciega de las fuerzas físicas no satisfacía. Así pues, los fenómenos vitales, que habían sido estudiados mucho antes que los demás que ofrece la Naturaleza, quedaban separados de éstos y no podían incluirse entre las conquistas hechas por el pensamiento. El mundo animado no se prestaba á formar parte de los fenómenos naturales y persistía en conservar su aspecto sobrenatural.

Explicar los fenómenos del mundo orgánico según el mismo orden de fuerzas adoptado para dar cuenta de los otros fenómenos, es la misión de la biología moderna.

2. **Geología histórica.**—Ciertos descubrimientos científicos hechos con anterioridad, dieron la fórmula para el nuevo método de estudiar la vida, figurando entre los más prominentes los relativos á la geología. El hecho de que la tierra había dejado en las rocas rastros de una historia legible para el hombre, impresionó vivamente á los sabios y se hizo más evidente á fines del siglo XIX. Sin duda su lectura era difícil: estaba escrita en un lenguaje extraño y exigía muchos años para encontrar la clave que había de resolver el enigma. Gracias á la influencia de los escritos de Lyell,

precisamente á mediados del citado siglo pasado, se empezó á comprender que esa clave se hallaba observando con atención lo que diariamente pasa en nuestro derredor. Hízose también otro descubrimiento aún más extraordinario, porque entrañaba la base de casi todos los descubrimientos científicos que le sucedieron. Según él, una aplicación de las fuerzas todavía activas en la superficie de la tierra, continuada por largo número de años, suministrará en parte la interpretación de la historia escrita en las rocas y, por tanto, la explicación de la historia de esa misma tierra. La elevación lenta de la corteza terrestre, tal como se está verificando aún, produciría, si se prolongara, montañas: y el desgaste de los terrenos por las lluvias y las inundaciones daría origen á la formación de esos valles y gargantas que tanto admiramos. La explicación del pasado muchas veces se encuentra en el presente. Mas esta geología hablaba de la historia de la vida como hablaba de la de las rocas, y cuando se supo que la corteza del planeta ofrecía una narración legible, se dedujo que también la vida ofrecería otra análoga. Si el presente es la llave del porvenir para la interpretación geológica, ¿no lo será igualmente para la interpretación de la vida? Era inevitable que surgieran problemas á este respecto y que se estudiaran desde el punto de vista dinámico con preferencia al estático. La biología es hija de la geología histórica.

Mas la geología histórica por sí sola no era suficiente á la moderna biología, y otros tres conceptos han contribuído en mayor escala que ella al desarrollo de la ciencia.

3. **Conservación de la energía.**—El primer concepto fué la teoría de la conservación de la ener-

gía y la correlación de las fuerzas, teoría sumamente sencilla y que puede condensarse así: Existe en el universo una cantidad dada de energía que no puede aumentarse ni disminuirse, porque la energía, como la materia, no se crea ni se destruye. Es *activa* ó *actual* y *pasiva* ó *potencial.* Activa, toma las formas del movimiento, siendo el calor, la luz, la electricidad, etc., simples variantes de ella. Como estos diversos tipos son sólo manifestaciones de la energía universal, se convierten uno en otro, por manera que al concluir uno comienza otro. Una bala de cañón recorriendo el espacio, es un ejemplo de la energía en movimiento; pero si la bala choca contra un objeto, parece que se detiene. Realmente no es así. La bala y el objeto al chocar se han calentado, transformándose el movimiento del proyectil en calor. Otras veces, el calor, libre en la caldera de una locomotora, se convierte en fuerza motriz, del mismo modo que por otros procedimientos se trocaría en fuerza eléctrica.

Un segundo estado de la energía es la energía en reposo ó potencial. Una piedra sobre el tejado de una casa está en reposo; pero en virtud de su posición, hay en ella cierta suma de energía potencial, puesto que si se le comunica un impulso, caerá, desarrollándose en ella la energía de movimiento. Además, para poner la piedra en el tejado ha sido precisa una cantidad de energía exactamente igual á la empleada en la caída. En un corpúsculo químico, de grasa por ejemplo, hay una dosis de energía potencial que puede hacerse actual desmenuzando el corpúsculo y poniéndolo en libertad, para lo cual se hace arder la grasa, que queda convertida en calor; mas para formarse el corpúsculo fué necesaria una suma de energía

solar en la planta que produjo la grasa, igual á la que se necesitó para trocarla en calor. Como se ve, las energías activa y pasiva en el universo son siempre las mismas.

Este magnífico concepto se hizo la piedra angular de la ciencia moderna, y tan luego como se concibió se extendió á todas las formas de energía encerrada en la Naturaleza. Como teoría física, se desenvolvió principalmente en las ciencias físicas: pero reveló inmediatamente una conexión muy posible entre las fuerzas vivas y no vivas de la Naturaleza. El organismo entra también en movimiento por el calor, y si la teoría es cierta, esa energía debe estar en correlación con las demás formas de ella. Esto hace nacer la idea de que las mismas leyes rigen al mundo orgánico que al inorgánico, y concebir la esperanza de que si se encuentra una explicación natural del modo como se quema un trozo de carbón y se mueve una locomotora, se encuentre asimismo la explicación del movimiento en el ser animado.

4. **Evolución.**—Un segundo concepto de mayor influencia aún en el desarrollo de la biología fué la teoría de la evolución, que ya no era nueva á mediados del siglo XIX, época en que se conocía, si bien de una manera vaga. Sin embargo, hasta que la geología entró en escena y la idea de la unidad de las fuerzas de la Naturaleza brotó, la doctrina de la evolución tuvo muy poca importancia. En el terreno filosófico influye poco que los seres animados se consideren como creaciones independientes ó como productos unos de otros, mientras se miren como un reino distinto de la Naturaleza en conexión con las actividades de ésta. Si son diversos, y, por tanto, reconocen un origen diverso, poca diferencia habrá en que se

consideren como originarios ó como creaciones independientes. Desde que se vió que la corteza terrestre está formada por la acción de fuerzas existentes todavía, y que las fuerzas no vivas, incluyendo las astronómicas, físicas y químicas, estaban en relación unas con otras como partes del mismo depósito de energía, el problema del origen de los seres vivos revistió un aspecto nuevo. Éstos se hicieron entonces parte de la Naturaleza y exigían que fueran comprendidos en la categoría general. El reinado de la ley, que sostenía que todos los fenómenos son resultado de potencias más bien naturales que sobrenaturales, reclamó alguna explicación acerca de los organismos vivientes. Como consecuencia de ello, cuando Darwin indicó una vía posible por la que los fenómenos de la vida podían incluirse en este sentido en el dominio de la ley natural, encontró á la ciencia dispuesta á recibir ansiosa su explicación.

5. **La célula y el protoplasma.**—El tercer concepto que contribuyó á que se formulara la nueva biología, se derivó de los hechos descubiertos relacionados con la célula y el protoplasma. Más adelante se dirá algo acerca de la importancia de estos hechos, haciendo notar ahora solamente que dichos descubrimientos facilitan las tareas de los hombres científicos lejos de embrollarlas. La teoría de la célula y el protoplasma no ofrecía á los biólogos los complicados problemas referentes á los animales y las plantas, sino esos mismos problemas reducidos á términos más sencillos, sencillez que sirvió de gran estímulo á los que trabajan por hallar algún medio de llegar á comprender la vida.

6. **Nuevos aspectos de la biología.**—Estos tres conceptos aparecieron ante el mundo científico

con intervalos muy cortos, y su influencia en el estudio del mundo orgánico fué inmediata y extraordinaria. Los seres vivos no se miraban ya como estacionarios ni como individuos existentes de momento, sino como objetos que tenían una historia, como fases del movimiento de la Naturaleza, como resultado de la acción de fuerzas pasadas y base para diferentes series de seres futuros, en una palabra, como una página más en el gran libro del universo. Entonces se comprendió que el estudio de las fuerzas activas de la vida podía facilitar medios para la interpretación del pasado y acaso para predecir el porvenir.

En muy poco tiempo cambió la tendencia de los estudios biológicos, variando hasta los problemas que habían de resolverse. En vez de investigar los propósitos de la Naturaleza en las adaptaciones de los seres vivos, se buscó la causa de esos propósitos. Tratóse de descubrir las fuerzas y las leyes que llevan al desarrollo de las formas que afectan actualmente á los seres orgánicos y de explicar los medios en virtud de los cuales la Naturaleza ha realizado su objeto. No tenía ya importancia alguna averiguar si un órgano se ajustaba á tales ó cuales condiciones: lo que se quería investigar era, cómo se ajustaba. La diferencia entre ambas tendencias es inmensa. La primera fija toda su atención en el fin, la segunda en los medios por los que se llega á ese fin: la primera estriba en el método que se llama *teleológico*, ó sea el estudio de las causas finales, la segunda en el método científico; la primera es el modo como se estudiaban los animales y las plantas antes de la mitad del siglo XIX, la segunda es el espíritu que domina la biología moderna.

7. **Naturaleza mecánica de los organismos vivos.** —Esta nueva actitud creó problemas nuevos, siendo los principales los referentes á la naturaleza mecánica del organismo animado. Según la ley de la correlación de las fuerzas, las varias formas de energía que nos rodean—luz, calórico, electricidad, etc.—forman parte de un depósito común y pueden transformarse unas en otras. La *fuerza vital* ó *vitalidad* se consideraba como un *algo* distinto de todo lo demás, y antes de que se formulara la doctrina de la correlación de las fuerzas, ni siquiera podía pensarse que hubiera la menor conexión entre las potencias del organismo y las del calor y la afinidad química. Pero tan luego como se creó esta teoría, se empezó á ver que, á lo menos hasta cierto punto, el cuerpo vivo podía compararse con una máquina cuya función es simplemente convertir una energía en otra. Una máquina de vapor se alimenta de combustible en el que existe una cantidad de energía acumulada acaso por espacio de muchos siglos. Los rayos del sol recogidos por las plantas se depositaron en forma de energía potencial en la madera que más tarde se hizo carbón. Puesto éste en el horno de una máquina y fraccionado, como no puede renovar ya su energía potencial la transforma en calor. La máquina adquiere entonces la energía que ha quedado en libertad, energía que se convierte en motor del volante. Adquiridas estas nociones, se presentó por sí misma la cuestión de si son ó no ciertos estos hechos tratándose del organismo. Éste también se nutre de un alimento que contiene un depósito de energía; y ¿por qué no se ha de considerar, como á la máquina de vapor, un simple mecanismo para convertir esa energía potencial en calor, movimiento, etc.? El

problema de la correlación de las fuerzas físicas y vitales se impone realmente.

El concepto mecánico de la actividad vital se llevó aún más allá. Hacia el año 1870 se formó, bajo la dirección de Huxley, una teoría de la vida que la reducía á un puro mecanismo. En aquella época acababa el microscopio de revelar la presencia universal en los seres vivos, de esa admirable substancia llamada protoplasma. Parecía un cuerpo homogéneo, y el examen de él demostró que estaba compuesto de elementos unidos por manera tal, que lo asemejaban mucho á las substancias albuminóideas. Era de aspecto algo más complejo que la albúmina ordinaria, y se consideró como un compuesto químico definido, ó quizá una simple mezcla de compuestos. Por otra parte, la química ha demostrado que las propiedades de los cuerpos varían según su composición, y que mientras más complejos son, más diversas son sus propiedades. De aquí se dedujo como consecuencia natural que el protoplasma era un compuesto químico complejo y que sus propiedades vitales eran sencillamente las propiedades que resultaban de su composición. Así como el agua posee la cualidad de solidificarse á ciertas temperaturas, así el protoplasma posee la de asimilarse el alimento y crecer; y si se juzga esta cualidad del agua como producto de su composición química, debe pensarse lo mismo respecto á la del protoplasma. Síguese de aquí, que si la química llegara á fabricar el protoplasma, éste tendría vida. Las funciones vitales quedarían reducidas, por consiguiente, á problemas de química y de mecánica.

Estas ideas nacieron poco después de mediados del siglo XIX, y desde entonces han dominado la biología, aplicándose las leyes mecánicas y quími-

cas de la Naturaleza á las funciones vitales, á fin de encontrar una explicación satisfactoria de la vida. ¿Bastan las leyes y las fuerzas químicas á explicar la digestión? ¿Son aplicables las leyes de la electricidad á la inteligencia de los fenómenos nerviosos? ¿Puede el cuerpo vivo mirarse puramente como una máquina regida por leyes mecánicas? ó, por otra parte, ¿hay algunas fases de la vida de las que no pueden dar razón las leyes físicas y químicas? ¿Tiene límites la aplicación á la vida de las leyes naturales? ¿Puede existir *algo* en conexión con los seres vivos que sea fuerza, pero que no esté relacionado con las formas ordinarias de la energía? ¿Hay un *algo* que sea una *energía vital*, ó la llamada *fuerza vital* es simplemente un nombre dado á las manifestaciones peculiares de la energía ordinaria tal cual se encuentran en el protoplasma? He aquí algunas de las muchas dudas que tiene que resolver la biología moderna, asuntos que hacen de ella una ciencia nueva.

8. **Importancia de los nuevos problemas biológicos.**—Es evidente que las respuestas á las anteriores preguntas tendrán un significado que se extenderá aún más allá del dominio de la biología propiamente dicha y afectarán la filosofía fundamental de la Naturaleza. Bastaría con que la energía del organismo no estuviese en correlación con otros procesos de energía, para que se rechazasen ó modificasen esas teorías. Si un animal tiene poder en sí mismo para crear una energía ó para destruirla, claro es que no puede considerarse constante la energía universal. Más aún; si se llegara á probar que esa variedad sutil de fuerza llamada energía nerviosa no estaba en relación con otra forma de energía, debería modifi-

carse la idea de la conservación de la energía. Acaso llegue á sostenerse también que otra forma más sutil todavía de fuerza, la fuerza mental, se incluya en la gran ley de la correlación para su implícita aceptación. Dicha ley ha probado por sí misma que es absolutamente aplicable al mundo inanimado, originándose después varias cuestiones relativas á la fuerza vital; y hay que reconocer que la importancia de esta ley debe basarse en la posibilidad de su aplicación á los fenómenos vitales.

No es menos íntima la relación de estos fenómenos con la ley de la evolución. Ésta trata de explicar cada momento histórico como resultado de las condiciones del momento anterior, y la teoría de la evolución perdería todo su significado si no se pudiera demostrar que las fuerzas naturales son suficientes para dar cuenta de los fenómenos vitales. Es indudable que las ideas con tanta rapidez desarrolladas en el terreno de la biología dinámica han sido potentes factores para hacer adoptar la doctrina de la evolución, que no puede sostenerse sin una correlación exacta entre las fuerzas vitales y las no vitales. El hecho es que el problema de la explicación mecánica de los fenómenos de la vida, forma la clave del arco cuyos lados están construídos con las teorías de la conservación de la energía y de la evolución. Á la discusión de estos problemas están consagradas estas páginas, en las que se tratará de ver hasta qué punto son explicables las funciones vitales por medio de las fuerzas de la Naturaleza.

9. **Bosquejo del asunto.**—Presentado de esta manera el asunto, se divide por sí mismo en dos partes. Que el organismo es una máquina, está

reconocido por todos, si bien muchos dudan de la exactitud de la comparación. Para explicar los fenómenos de la vida se ofrecen dos problemas enteramente diversos: el primero es dar razón de la existencia del organismo, porque un organismo tan complicado como el de un hombre ó un árbol no se puede atribuir á resultado de un mero accidente, como puede hacerse con la existencia de una roca. Lo intrincado de sus partes componentes y la intencionada relación que hay entre ellas exige una explicación y, por tanto, el problema fundamental es manifestar cómo apareció este organismo en escena por vez primera. El segundo problema es más sencillo, porque sólo ha de explicar el funcionamiento de la máquina después de construída.

De estos dos problemas, el primero es el más fundamental, porque si se deja de encontrar una explicación para la existencia del organismo, solamente en parte satisface el conocimiento de su modo de funcionar. Pero siendo más sencillo y más conocido el segundo problema, por él se ha de empezar, pues no es posible comprender el origen de la máquina sin comprender antes la manera cómo funciona. Por consiguiente, este estudio se dividirá en dos partes:

I. Funcionamiento del organismo viviente.
II. Origen del organismo viviente.

PRIMERA PARTE

EL FUNCIONAMIENTO DEL ORGANISMO VIVO

CAPÍTULO II

¿ES EL CUERPO UNA MÁQUINA?

1. El problema que ahora se presenta es el de investigar hasta qué punto los animales y las plantas son máquinas. Hay que determinar si las leyes y fuerzas que rigen sus actividades son las mismas que aquéllas con que se experimenta en los laboratorios, y si los principios de mecánica y la teoría de la conservación de la energía se aplican lo mismo á los seres orgánicos que á la máquina de vapor.

Parecía natural que el método propio para este estudio fuese el de dirigir la atención á las formas más simples de la vida, toda vez que en ellas los fenómenos son menos complicados y, por tanto, de más fácil solución. Sin embargo, ni es ni puede ser así, puesto que los conocimientos de los procesos vitales provienen de las formas complejas. Se sabe más, por ejemplo, de la fisiología del hombre y de los animales superiores que de la de todos los demás, y la razón es muy obvia. El conocimiento de las actividades vitales del hombre es para él de gran valor, aun ha-

ciendo abstracción del aspecto teórico: y de aquí que la fisiología humana haya ocupado atención preferente. Su utilidad práctica ha sido siempre un estímulo para el estudio, por lo que es más conocido fisiológicamente el hombre que ningún otro animal. Por eso, lo que se sabe del organismo como máquina se deriva del estudio del hombre, ofreciendo esto la ventaja de que se va *de lo conocido á lo desconocido*. Si se llega á investigar que las funciones de la vida humana pueden explicarse mecánicamente, no cabe vacilación en creer que acontezca lo mismo en los demás órdenes inferiores de la vida y sobre todo en las plantas, cuya estructura es menos complicada y cuyas actividades pueden referirse con mayor facilidad á principios mecánicos.

2. **¿Qué es una máquina?**—Volviendo á nuestro principal objeto, debe decirse ante todo qué se entiende por máquina. *Máquina es un aparato destinado á cambiar, con objeto definido, una forma de energía en otra.* Como ya se sabe, energía es la fuerza que produce trabajo, siendo sus formas ordinarias activas el calor, la luz, el movimiento, la electricidad, etc. Pero también puede estar en la forma potencial, en cuyo estado se acumula dentro de una molécula química. Estas energías se transforman unas en otras, y todo aparato que ocasione esta transformación es una máquina. Un dinamo es una máquina para convertir el movimiento en electricidad, como un electromotor lo es para trocar la electricidad en movimiento. El objeto de una máquina de vapor es transformar en activa la energía pasiva. Ésta se suministra á la máquina en la forma de combustión química (carbón, etc.) y, puesta en libertad como calor, se convierte en motor del volante. Pero

ni estas máquinas ni ningunas otras crean energía ni potencia, porque todas ellas poseen una suma de energía igual á la que desenvuelven en otra forma: lo que hacen es recibir la potencia en una forma y devolverla en otra, con pérdida inevitable de una parte de la energía en la forma llamada *calor radiante.* Sentado esto, puede preguntarse ya si el organismo es igual ó comparable á una máquina.

3. **Comparación de un ser organizado con una máquina.**—Claro es que el cuerpo vivo encierra en sí todas las formas de energía, puesto que constantemente está en movimiento é irradiando calor, dos de los tipos más generales de la energía física. Que esta energía le es suministrada al cuerpo como á las otras máquinas en la forma de energía de composición química, no necesita demostración, si se recuerda que es preciso proveer á la economía de alimento apropiado para que funcione. El alimento de que nos nutrimos produce en nosotros el mismo efecto que el combustible en la locomotora, y la comparación entre alimentar el cuerpo para ponerlo en estado de que funcione y alimentar la máquina para que desarrolle energía es tan evidente, que no requiere prueba. Sin embargo, los detalles del problema ofrecen algunas dificultades.

La primera cuestión que se presenta es: ¿El cuerpo vivo no posee otro poder que el de transformar la energía, sin que le sea dado crearla ni destruirla? ¿La cantidad de energía manifestada por el organismo, puede considerarse como suministrada por el alimento, y recíprocamente, toda energía suministrada por el alimento puede considerarse presente en el organismo vivo?

Según la ley de la conservación de la energía,

la respuesta teórica á estas preguntas es bastante clara, pero en manera alguna es tan fácil contestarlas con datos experimentales. Para lograr una demostración experimental, sería necesario determinar con exactitud la suma de energía recibida por un individuo en un tiempo dado, y la que queda en su economía, ya como movimiento, ya como calor. Para que el organismo sea una máquina, el balance tiene que ser exacto, y si no fuere exacto, eso indicaría que crea ó destruye energía y, por tanto, que no es una máquina. Estos experimentos son sumamente difíciles. Tendrían que llevarse á cabo en el hombre mismo, y se hace indispensable que estuviera en un lugar perfectamente cerrado y dispuesto por modo tal, que se le pueda proveer de alimento y de aire en cantidades determinadas, así como que pueda medirse el trabajo que ejecuta, el calor que se desprende de su cuerpo y la cantidad de materiales que elimina. Para hacer estos dificilísimos experimentos, algunos hombres científicos se han encerrado en un cuarto pequeño, ó cámara de seis á ocho pies de largo, sin otra comunicación con el mundo exterior que por medio del teléfono y de una abertura practicada en la pared que sólo se abría un segundo para proveer de alimento al prisionero. Hay que tener en cuenta, no solamente el alimento ingerido, sino también el consumido por la economía. Si la persona gana en peso, es prueba de que está acopiando materiales para el porvenir; mientras que si su peso disminuye, es que está consumiendo sus propios tejidos como alimento. Diariamente habría que tomar nota exacta del peso, habiendo que calcular también los sólidos, líquidos y gases que se han expelido de su cuerpo para que pueda ser exac-

to el balance de gastos é ingresos. Se ha construído para esta experimentación un aparato tan delicado, que el simple hecho de levantarse el individuo de la silla se marca por una elevación de temperatura. Á pesar de esta sensibilidad, el aparato es muy imperfecto y sólo mide las formas más visibles de energía, mientras que las más sutiles, como la fuerza nerviosa, no hacen impresión en él.

Los resultados de estos experimentos son, en general, de gran importancia. Aun cuando no haya sido posible prolongarlos mucho tiempo ni sus consecuencias ofrezcan la exactitud deseada, todos conducen á una misma conclusión. En lo que concierne á la energía ó al material mensurable, el organismo obra como cualquiera otra máquina. Dentro del aparato citado, sólo funciona descomponiendo cierta cantidad de alimento y empleando la energía que queda en libertad: la cantidad de alimento es proporcional al trabajo realizado. Los simples actos de dar el individuo unos cuantos pasos por la habitación ó de levantarse de la silla, se acompañan de un aumento en la cantidad de alimento descompuesto, de la materia sobrante eliminada y del calor producido. Si durante el período experimental se notara que quedaba en libertad menos energía que la cantidad contenida en el alimento asimilado, se observaría al mismo tiempo que el peso del cuerpo era mayor, lo que equivale á decir que el exceso de energía se ha almacenado. Aquí no hay energía creada ni destruída. Cuanto á la energía mensurable, todos los hechos comprobados sustentan el concepto teórico de que el organismo debe mirarse como una máquina que convierte la energía potencial de composición química (depositada previamente

en su alimento) en energía real de movimiento y de calor.

Desde luego se deja ver que el cuerpo es una máquina de orden muy superior, puesto que está en disposición de transformar la energía potencial en movimiento con menos pérdidas que las máquinas comunes. Como ya se ha dicho, en todas las máquinas se convierte la energía en calor, del que se pierde gran parte en el espacio por irradiación. Los experimentos ya descritos dan medios para determinar la proporción de energía suministrada en forma de alimento que puede utilizarse como fuerza motriz, siendo indudable que la cifra es mayor que la que se obtiene por cualquiera de las máquinas inventadas por el hombre.

De lo expuesto se deduce que, haciendo abstracción de los fenómenos nerviosos que ya se estudiarán, *los ingresos y egresos de la economía en lo concerniente á la materia y la energía son tales, que el organismo puede considerarse como una máquina que, cual las demás, transforma simplemente la energía sin crearla ni destruirla. Hasta este punto, por lo menos, los animales están bajo la ley de la conservación de la energía y son verdaderas máquinas.*

4. **Detalles de la acción del organismo.**—Volvamos á tratar algunos de los problemas secundarios relativos á los detalles del funcionamiento de los órganos vivos. Conocido es el modo de funcionar de una máquina de vapor, de mecanismo sencillo y al alcance de la inteligencia del hombre. Es cierto que no pueden comprenderse las fuerzas fundamentales del poder químico: pero esas fuerzas existen indudablemente, son la base de la ciencia y hacen comprensible el mecanismo de la máquina. El problema que hay que diluci-

dar es, si se puede llegar de la misma manera á una interpretación de los fenómenos del organismo viviente. ¿Es posible, valiéndose de las fuerzas físicas y químicas, explicar las actividades que se desarrollan en la economía? ¿Es posible que se haga tan fácil de entender el movimiento del cuerpo como el de la máquina?

5. **Explicación física de los principales fenómenos vitales.**—El ser viviente es, sin duda, infinitamente más complicado que la máquina de vapor y hay en él muchos procesos que deben estudiarse por separado. En una obra de la índole de ésta, es imposible hacerse cargo detenidamente de todos esos procesos, por lo que, y suponiendo el conocimiento previo de la fisiología, sólo se interpretarán algunas de las funciones vitales desde el punto de vista de las fuerzas físicas y químicas.

6. **Digestión.**—El primer paso para la transformación del combustible es el proceso digestivo, que nada tiene de misterioso ni implica fuerzas peculiares ni especiales. El alimento que entra en el cuerpo en forma de almidón, azúcar, grasa ó substancia protéidea, sufre la acción de los jugos gástricos por manera tal, que su naturaleza química cambia lentamente, pero no de un modo especial, sino como lo haría en un laboratorio químico. Las fuerzas que efectúan este cambio en la estructura molecular son las de la afinidad química: lo que no se explica químicamente es la naturaleza de los jugos digestivos, conteniendo los de la boca y el estómago substancias dotadas de la propiedad de producir las alteraciones que se verifican en la digestión. Uno de los actos digestivos es convertir el almidón en azúcar. La relación entre ambas substancias es muy sencilla, transformándose la primera en la segunda adicio-

nando á cada molécula de almidón otra de agua, y destilando ésta gota á gota en el almidón. La ciencia ha encontrado medios sencillos para hacer esta unión química, y hoy, la formación de azúcar procedente de substancias albuminóideas es una de tantas industrias. La saliva tiene el poder de causar inmediatamente esta conversión: lo que se ignora es por qué lo tiene. El procedimiento es muy simple, al parecer, y no encierra más misterio que el de la afinidad química. Se sabe que la saliva contiene un *fermento* que es el agente activo de la transformación. Este fermento carece de vida y no necesita para ejercer sus efectos que lo rodee ningún tejido vivo. Separándolo de la saliva en la forma de polvo amorfo (en la que se conserva indefinidamente) no pierde su cualidad siempre que se le ponga en condiciones adecuadas. Vese, por tanto, que la conversión del almidón en azúcar no es más que un cambio que ocurre en circunstancias dadas bajo la influencia de la afinidad química.

Lo que es cierto respecto á la digestión del almidón por la saliva, eslo también respecto á la digestión de otros alimentos en el estómago y los intestinos. Cada jugo digestivo encierra un fermento que produce un cambio químico en la masa alimenticia, resultado siempre de fuerzas químicas. Exceptuando la presencia de estos fermentos, la diferencia entre la química del laboratorio y la del organismo es pequeña.

7. **Absorción del alimento.**—El acto que después del anterior llama la atención es el paso del alimento por absorción del intestino á la sangre. El alimento digerido llega al tubo intestinal de un modo mecánico, merced á la acción muscular y una vez allí, pasa á la sangre á través de las

paredes del intestino. En esta absorción entran en juego otras fuerzas, siendo la principal la *osmosis*, fuerza física que no tiene conexión especial con la vida. Si dos líquidos de composición diferente están separados por una membrana (Fig. 1), actúa una fuerza sobre ellos que los hace pasar de una á otra división de la membrana y los impulsa de manera que pueden vencer grandes resistencias. Un experimento muy sencillo ilustrará este hecho. La Fig. 2 representa un tubo de vidrio al que se ha atado una vejiga membranosa llena de agua azucarada y sumergida en una vasija con agua pura. Una parte de la solución atraviesa de la vejiga á la vasija, como una parte del agua de ésta penetra en aquélla, debiendo tenerse en cuenta que las substancias disueltas pasan de la solución mas débil á la más densa. En el caso actual, la cantidad de líquido transmitida á la vasija es menor que la pasada á la vejiga, lo que hace que ésta se dilate y suba en el tubo hasta *a* (Fig. 2). La osmosis, conocida también con el nombre de *dialisis*, se efectúa siempre que dos soluciones diferentes están separadas por una membrana, fenómeno puramente físico. Este procedimiento de la osmosis se basa en la absorción del alimento en el canal digestivo. La mayor parte de los alimentos son insolubles cuando se ingieren,

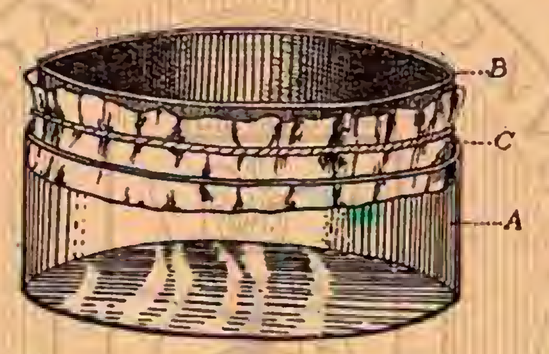


FIG. 1.—*A*, solución acuosa de azúcar; *B*, agua pura; *C*, membrana que separa ambos líquidos.

estado en el que no se puede verificar la osmosis; mas ya se ha visto que la digestión cambia la naturaleza química del alimento, el cual, disuelto en los jugos gástricos é intestinales, se hace dialisable. La estructura del intestino se presta mucho á la osmosis, como lo demuestra la Fig. 3, que representa una sección transversa de la pared intestinal. En la cavidad del intestino *A* está la masa alimenticia disuelta; *B*, son unas pequeñas proyecciones, llamadas *vellosidades*, que están cubiertas por una membrana. Una de estas vellosidades se ve aumentada de volumen en la Fig. 4, en la que *B* representa la membrana, en cuyo interior hay muchos vasos sanguíneos *C*. Como se ve, *B* separa dos líquidos: el alimento disuelto que está en el exterior de las vellosidades, y la sangre que está en el interior de ellas. Las circunstancias son favorables para la osmosis, que se realiza siempre que los contenidos intestinales encierran más material dialisable que la sangre. Como esto es lo que acontece después que los alimentos han sufrido la acción de los jugos digestivos, pasará á través de la membrana del intestino y penetrará en la sangre. El primer factor en la absorción del alimento es físico.



FIG. 2. — *A*, vejiga membranosa con la solución sacarina; *B*, vasija con agua pura. El azúcar penetra en la vejiga y hace subír el liquido hasta *a*.

Pero la osmosis no es el único factor que hace papel en este proceso. En primer lugar, el alimento, á su paso por el canal intestinal ó poco después, experimenta otro cambio, por manera que cuando llega á la sangre ha sufrido otra modificación en su naturaleza química, y, si bien no se sabe mucho acerca de esas transformaciones, son del mismo orden que las digestivas y probablemente no envuelven más que procesos químicos. En segundo lugar, hay una fase en la absorción que permanece aún en la sombra. Parte del alimento se compone de grasa, la que se transforma por la digestión en partículas insolubles y, por tanto, no dialisables. La grasa no es susceptible de osmosis y se necesita algo adicional para explicar su paso á la sangre. Hasta ahora sólo se puede dar una interpretación parcial del hecho. La pared interna del intestino no es una membrana inerte, sin vida, sino que está constituída por fragmentos activos de substancia animada, los que, al parecer, se apoderan de las gotitas de grasa por procedimientos que los empujan hacia afuera, pasándolas después á través de sus propios cuerpos y depositándolas en la

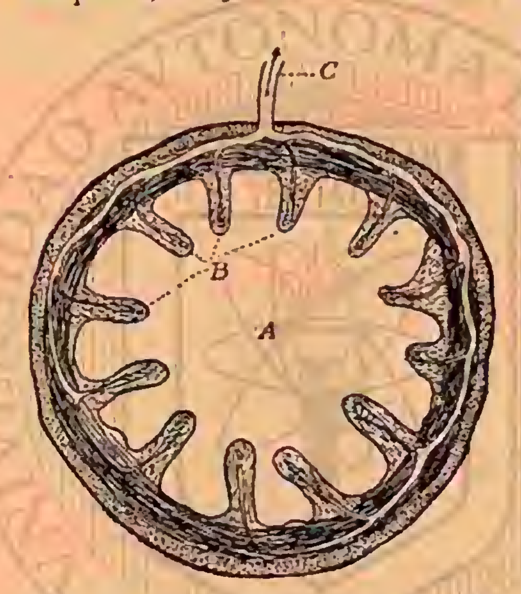


FIG. 3.—*A*, cavidad del intestino llena del alimento digerido; *B*, vellosidades con vasos sanguíneos; *C*, vaso sanguíneo grande que lleva el alimento absorbido fuera del intestino.

superficie interior de los vasos sanguíneos. La Fig. 5 manifiesta algunos de estos trozos, cada uno de los cuales contiene unas cuantas gotas de grasa. Así pues, la absorción de ésta parece un acto vital, no regido simplemente por leyes físicas como la osmosis. La explicación dada es contraria á lo que se llama *poder vital* de los últimos elementos del organismo. Las investigaciones acerca de este aspecto vital de la cuestión deben llevarse más allá, lo que se hará en el curso de estos estudios. Tratándose ahora sólo de establecer una comparación entre el organismo y una máquina, debe aplazarse este asunto.

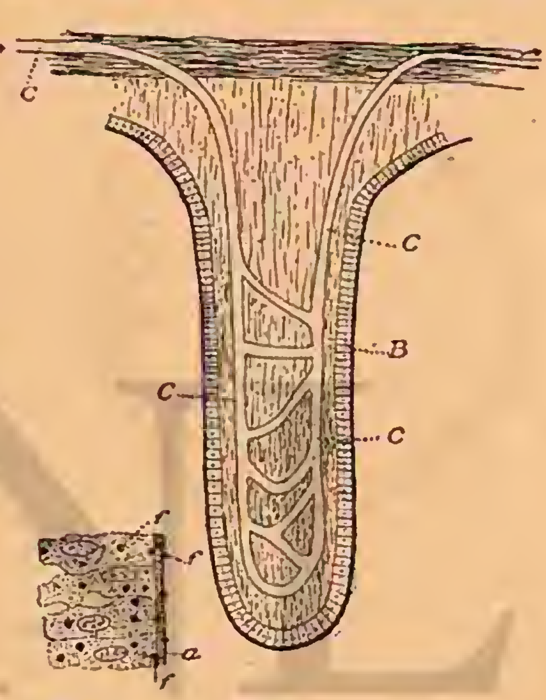


FIG. 5. FIG. 4.

FIG. 4.—Diagrama de una sola vellosidad aumentada. *B*, membrana que cubre la vellosidad; *C*, vaso sanguíneo dentro de la vellosidad.

FIG. 5.—Cuatro células aumentadas de volumen de la membrana *B* en la Fig. 4. *a*, superficie libre; *f*, gotitas de grasa al atravesar las células.

8. **Circulación.**—Veamos ahora los medios de que se vale el organismo para distribuir el alimento que ha de emplear como fuente de energía. El encargado de esta función es el sistema circulatorio. Consta de una serie de tubos ó *vasos san-*

guíneos que se reparten por todo el cuerpo y existen en todos los órganos y tejidos. Dentro de ellos está la sangre, líquido que los recorre continuamente, y en el centro del aparato hay una especie de bomba que conserva en movimiento á la sangre. Los vasos constituyen un sistema cerrado, por manera que la bomba ó *corazón* atrae el líquido de un lado haciéndolo pasar á otro, y después de haber recorrido el organismo entero, vuelve de nuevo al punto de donde partió. Al circular por toda la economía, lleva á cada órgano el material que necesita. Como ya se ha dicho (Fig. 3) la sangre recibe el alimento en el intestino y el oxígeno en los pulmones, conduciéndolos á su vez á los diversos tejidos. El sistema circulatorio es un medio por el cual se distribuye á cada órgano el alimento que requiere para sus funciones.

También en la circulación actúan las fuerzas físicas y químicas, y todos sus fenómenos generales están basados en principios de mecánica. La acción del corazón—dejando á un lado la potencia muscular—es la de una bomba: está provisto de válvulas de un mecanismo tan fácil de comprender como el de cualquiera otra bomba, á lo que se debe que la sangre circule siempre en el mismo sentido. Los vasos son elásticos, y el estudio de los efectos de un líquido impulsado rítmicamente dentro de un vaso elástico, explica los varios fenómenos anejos á la circulación. En efecto, la contracción rítmica del centro circulatorio empuja á intervalos cortos cierta cantidad de sangre á las arterias: éstas son grandes en la proximidad del corazón y más pequeñas en sus extremos, desembocando por éstos en las venas, en las que la sangre no corre con tanta facilidad

como cuando sale del corazón. La onda sanguínea, impulsada por cada latido cardíaco, ensancha ligeramente la arteria, lo que da ocasión á que el líquido siga su curso en el intervalo de los latidos; mas el corazón continúa latiendo y el acúmulo de sangre en las arterias ofrece la bastante presión para hacer pasar el líquido á las venas. Así es que la sangre arterial está bajo el influjo de cierta presión, mientras que la venosa sufre muy poca ó ninguna. Es innecesario entrar en más detalles, bastando lo que precede para hacer ver que la circulación es un acto mecánico.

Debe, sin embargo, fijarse la atención en el hecho de que en este problema hay por lo menos dos factores que caen bajo el dominio de lo que todavía se llama *fenómenos vitales.* El latido del corazón, debido á la acción muscular, es el primero, y el segundo, la contracción rápida de los vasos más pequeños que regulan el reparto de la sangre. Ambos son fases de la actividad muscular, y se hablará de ellos más adelante.

No sólo se explica por principios mecánicos la distribución de la sangre, sino también el suministro de alimentos á las partes activas del organismo. Como ya se sabe, la sangre que procede de los intestinos contiene el material nutritivo que ha recibido del material ya preparado. Ahora bien: cuando esta sangre atraviesa los tejidos activos, los músculos, por ejemplo, está otra vez en condiciones de efectuar la osmosis; los vasos sanguíneos de paredes muy delgadas se hallan bañados por un líquido llamado *linfa.* La Fig. 6 representa un trozo de tejido muscular rodeado de linfa. Ésta, que no se ve en el grabado, llena el espacio al exterior de los vasos sanguíneos, bañando á éstos y á los músculos. Como puede

verse, aquí también existe una membrana (la pared de los vasos sanguíneos) que separa los dos líquidos, y siendo la linfa de distinta composición que la sangre, se efectúa la osmosis y los materiales que pasaron por dialisis del intestino á la sangre penetran en la linfa por igual mecanismo. De ese modo va el alimento á la linfa y, puesta en contacto con las fibras musculares, toman éstas directamente el material necesario para sus funciones. La potencia que pone al músculo en aptitud de tomar lo que le hace falta dejando lo demás, es otro proceso vital de que se hablará más adelante.

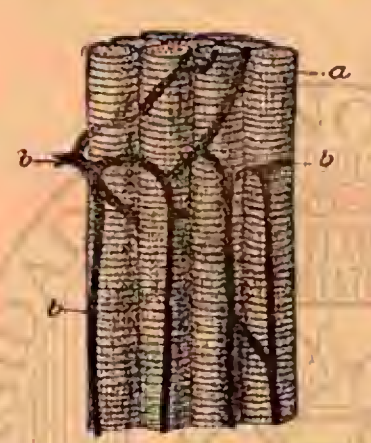


FIG. 6.—Trozo de músculo con sus vasos sanguíneos. *a*, fibras del músculo; *b*, vasos sanguíneos muy pequeños.

9. **Respiración.**—Trátase ahora de las relaciones del sistema circulatorio con la función que suministra el oxígeno á la economía, absolutamente indispensable para las funciones vitales, basadas como las de la máquina, en la oxidación del combustible. El oxígeno se separa del aire de un modo muy sencillo. Al circular la sangre, se pone en contacto directo por una fracción de segundo con el aire, lo que se realiza en los pulmones, provistos de innumerables celdillas aéreas en cuyas paredes se distribuyen profusamente vasos sanguíneos. Ínterin la sangre está en éstos, no se halla realmente en contacto directo con el aire, sino separado de él por una membrana tan tenue que no ofrece obstáculo al cambio de gases. Estas células se conservan llenas de aire por la acción de los músculos: la contracción de

los del pecho hace que la cavidad torácica se ensanche y el aire penetre en las células del mismo modo que penetra en un fuelle. Después, la contracción de otra serie de músculos disminuye la capacidad del tórax y el aire sale de las celdas. Esto es tan mecánico cual lo que acontece en el fuelle del herrero.

Las relaciones del aire con la sangre son muy simples. Hay en ésta varios ingredientes químicos, entre ellos la *hemoglobina*. No importa ahora la procedencia de esta substancia, cuestión que pertenece al origen del organismo vivo, y que se ventilará en la segunda parte de esta obra. La hemoglobina, constituyente normal de la sangre á la que comunica su color, es roja y tiene afinidades con el oxígeno, pudiendo separarse de la sangre y hacerse experimentos con ella en el laboratorio. Puesta en contacto con el oxígeno á una presión suficiente, forma una de esas uniones que los químicos llaman *combinaciones inestables*, porque con facilidad se descomponen. Si el oxígeno está á cierta presión la combinación se efectuará; mas si es inferior al punto de unión, ésta se destruye y la hemoglobina queda en libertad. Todo esto es puramente químico y puede hacerse en un tubo de ensayo. Ahora bien: esta asociación y disociación constituyen precisamente el fundamento de la respiración. La sangre que llega á los pulmones contiene hemoglobina, y siendo alta la presión del oxígeno en el aire, la hemoglobina se une inmediatamente con él al pasar la sangre por los vasos aéreos. Ésta es llevada por el torrente circulatorio á los tejidos activos que constantemente están consumiendo oxígeno para sus funciones. El resultado es que la presión del oxígeno es muy baja en estos tejidos

y cuando llega á ellos la hemoglobina oxidada, termina su asociación con el oxígeno, quedando éste libre. Después pasa á la linfa, de la que se apoderan los tejidos activos para llevar á cabo los procedimientos de oxidación de la economía. Por tanto, el fenómeno de proveer al organismo del oxígeno que necesita, es fundamentalmente químico.

10. **Eliminación de los residuos.**—La explicación del proceso de que se va á tratar ahora, ofrece sus dificultades. Una vez que el oxígeno y los alimentos llegan á los tejidos, la célula viva los adquiere. El material alimenticio se oxida y su energía latente queda en libertad, transformándose en calor, en movimiento ó en alguna otra función vital. Esta es la parte realmente misteriosa en el drama de la vida. Prescindiendo ahora del misterio, se considerará los resultados desde el punto de vista material.

En la máquina de vapor, la energía latente del combustible queda en libertad por la oxidación: el oxígeno del aire se une á los elementos químicos del combustible al que disgrega en cuerpos simples que pueden reducirse á tres: ácido carbónico (CO_2), agua (H_2O) y cenizas. La energía contenida en el compuesto primitivo no puede sostenerse en estos simples y se escapa en forma de calor. Igual procedimiento, si bien con alguna diferencia en los detalles, se efectúa en el organismo. Una vez que el alimento ha llegado á la célula viva se apodera del oxígeno y en cuanto á los residuos, el mecanismo es idéntico al que se acaba de describir: se fracciona en compuestos simples y la energía queda libre y se trueca en movimiento, impulso nervioso, etc. Dicho alimento se divide en simples, que son principal-

mente agua, ácido carbónico y cenizas que difieren de las que se obtienen del carbón en combustión. Pues bien; así como la locomotora necesita una chimenea para dejar salida á los gases y un cenicero para recojer las cenizas, así también el organismo tiene su sistema secretorio para eliminar los residuos ó desperdicios. Respecto á la eliminación del ácido carbónico y del agua, hay que referirse á lo que se dice en el aparato respiratorio, siendo el procedimiento sólo una repetición de lo que acontece en la difusión de los gases, la unión química y la osmosis. Baste decir aquí que el procedimiento es tan sencillo y se explica tan fácilmente como los ya descritos. La eliminación de estas materias sobrantes no es más que un problema de química y de mecánica.

Cuanto á la expulsión de las cenizas, hay algo más que nos pone otra vez frente á frente de la acción vital de la célula. Esta ceniza afecta principalmente la forma de un compuesto llamado *urea*, que se elimina de la economía por medio del sistema circulatorio y se separa de la sangre por los riñones. Hay en éstos un gran número de células, *células renales*, que tienen la cualidad de apoderarse de la urea al pasar la sangre por ellas para depositarla después en una serie de tubos que la llevan á la vejiga de la orina y de allí al exterior. La conducción de estas cenizas á la célula renal es cuestión mecánica basada simplemente en el curso de la sangre. Que la célula se apodere de la urea, es un fenómeno vital que debe aplazarse por ahora.

Hasta aquí no ha ofrecido serias dificultades este análisis, en cuyas conclusiones se conviene generalmente, y que nos ha traído á las siguientes deducciones: en lo que se relaciona con los pro-

blemas generales de la energía universal, el organismo es una máquina que ni crea ni destruye energías, limitándose á transformar una en otra. Consideradas así las funciones llamadas algunas veces vegetativas, se encuentran razones en las leyes físicas y químicas para explicar la acción del organismo en este sentido.

Ahora hay que fijar la atención algo más allá para ocuparse de funciones cuya naturaleza mecánica es menos evidente. Todas las operaciones y procedimientos ya descritos están bajo la dependencia del sistema nervioso que actúa como el maquinista en la locomotora.

11. **Sistema nervioso.**—Cuando se quiere aplicar los principios de mecánica al sistema nervioso, parece á primera vista que no hay medio de conseguirlo. Mientras se trataba de cuestiones relativas á compuestos químicos, al calor y al movimiento, ofrecía poca dificultad ajustar las leyes de la Naturaleza á los fenómenos vitales. Pero el problema respecto al sistema nervioso es muy diferente, pudiendo afirmarse que en realidad no ha empezado á estudiarse hasta muy recientemente y no está aún resuelto ni mucho menos. Verdad es que los fenómenos mentales y otros nerviosos se vienen estudiando desde hace tiempo; mas este estudio se reducía al de los fenómenos en sí mismos, sin pensar en sus conexiones con otros de la Naturaleza.

La primera cuestión es, si hay alguna relación entre la energía nerviosa y los otros tipos de energía. Conviene distinguir entre las simples transmisiones nerviosas y las funciones de la actividad mental. Si ha de encontrarse alguna correlación entre la energía nerviosa y las físicas ha de ser midiendo la primera y comparándola con las otras,

lo que se hace difícil por la carencia de instrumentos para apreciar directamente un impulso nervioso. En los experimentos hechos en el aparato de que antes se habló para averiguar los gastos é ingresos de la economía, los fenómenos nerviosos no dejaban huella aparente de un consumo extraordinario de energía física, lo que no debe sorprender, porque dicho aparato es demasiado tosco para estimar fracciones tan delicadas.

Está probado por diversos experimentos que hay correlación entre la energía nerviosa y la física. Era lo primero investigar si un estímulo nervioso se podría medir directamente. Cuando un nervio sufre algún estímulo, pasa á lo largo de él un impulso con una rapidez que se puede medir, así como cuando llega al cerebro un impulso nervioso produce una sensación de la que puede darse cuenta el que la recibe, siendo calculable el tiempo que para ello se requiere. Estos períodos son muy cortos, pero no instantáneos. También conviene estudiar en otros sentidos el impulso nervioso. Sabido es que éste puede despertarse por formas ordinarias de energía: un choque mecánico, químico ó eléctrico, tipos de la energía física, desarrolla energía mecánica, y si aplicado el choque á un nervio da origen á un impulso nervioso, es legítima la deducción de que el nervio es parte de una máquina apta para convertir cierta clase de energía física en nerviosa. Siendo esto así, hay que considerar esta energía en correlación con las otras formas de ella.

Otros hechos tienden á la misma demostración. No sólo puede el estímulo nervioso desarrollarse por un choque eléctrico, sino que la fuerza del estímulo es hasta cierto punto proporcional á la intensidad del choque. De igual modo

un estímulo nervioso puede desarrollar energía eléctrica. En los nervios comunes, aunque no sean activos, se manifiestan corrientes eléctricas ligeras que requieren los instrumentos más delicados para apreciarlas. Ahora bien: estimulado un nervio, estas corrientes se afectan inmediatamente por manera tal, que en circunstancias apropiadas aumentan de intensidad, lo que se calcula fácilmente con el galvanómetro. Este instrumento ofrece en estos casos medios sencillos para estudiar el carácter del impulso nervioso, pudiendo determinarse por él que dicho impulso avanza por el nervio como una onda, cuya extensión, forma y altura en varios puntos se aprecia de un modo aproximado.

¿Qué significación tienen estos hechos? Reunidos, llevan á la conclusión de que la energía nerviosa es correlativa de las otras energías físicas. Puesto que el impulso se produce por las otras formas de energía y éstas pueden á su vez modificarse por él, se impone la deducción de que ese impulso sólo es un tipo especial de energía desarrollada en el interior del nervio, una forma de movimiento ondulatorio peculiar á la substancia nerviosa, pero en correlación con los otros tipos de energía y desarrollada por ellos.

Sentado esto, el desarrollo de un impulso nervioso significaría que cierta porción del alimento se desmenuza en el organismo para poner en libertad energía y que ésta se acompaña de eliminación de ácido carbónico y calor, lo cual se demuestra fácilmente en el trabajo muscular. Un músculo es susceptible de contraerse después de algún tiempo de separado del cuerpo, y estudiándolo en estas condiciones se verá que al contraerse da origen á ácido carbónico y otras substancias,

y desprende calor. En los experimentos tantas veces citados se ha visto, que cuando el individuo sujeto á la experiencia hace un movimiento, éste se acompaña de eliminación de residuos y desarrollo de calor, lo que no parece tan demostrado en las acciones del sistema nervioso. Aunque se han hecho experimentos minuciosos, es lo cierto que no se puede producir elevación de temperatura cuando un impulso nervioso pasa á lo largo de un nervio, no observándose tampoco eliminación de desperdicios.

En suma, todo tiende á demostrar que el impulso nervioso es una forma de movimiento y, por tanto, de energía en correlación con otros tipos de energía física. Mas el nervio es una máquina muy delicada y el total de su energía muy mínimo. Un reloj pequeño es un mecanismo más fino que una turbina y su marcha dependerá del buen ajuste de sus piezas. La turbina puede ser muy tosca y, sin embargo, muy eficaz, mientras que el reloj ha de estar hecho con precisión extrema, á pesar de lo cual, la turbina desarrollará mucha más energía que el reloj y podrá poner en movimiento muchas máquinas de una fábrica, y el reloj sólo podrá moverse á sí mismo. El sistema nervioso es un mecanismo perfectamente ajustado y muy susceptible de descomponerse, y su acción sólo desenvuelve una cantidad de energía pequeña, sí, pero tan sujeta á la ley de la conservación de la energía como lo está una gran masa muscular.

12. **Sensaciones.**—Avanzando aún más, se observará que es posible hallar conexión entre la energía física y las *sensaciones*, que son producidas por formas exteriores de movimiento. El organismo tiene, por ejemplo, un aparato capaz de

afectarse por las ondas vibratorias del aire, que se llama *oído*. Se compone de partes ajustadas de tal modo, que pone las ondas vibratorias en movimiento, el que á su vez producirá estímulo que se extenderá por todo el nervio auditivo. Como resultado de ello, el aparato se pondrá en acción y enviará un impulso á todo el nervio auditivo, siempre que la forma externa de movimiento, denominada *sonido*, choque con el órgano. En otras palabras, el oído es un aparato destinado á cambiar vibraciones aéreas en impulso nervioso. Igual acontece con el nervio óptico, que tiene en uno de sus extremos un mecanismo fácilmente excitable por las vibraciones lumínicas del éter, y por eso se estimula siempre que esas vibraciones ponen en movimiento el aparato visual, repitiéndose el mismo fenómeno en los demás órganos sensorios. Cada uno tiene un mecanismo destinado á transformar ciertas formas de energía externa en nerviosa, del mismo modo que un dinamo sirve para convertir el movimiento en electricidad. Si el órgano se inutiliza, la forma exterior pierde toda su acción y el individuo queda sordo, ciego, etc.

13. **Fenómenos mentales.**—En el análisis hecho hasta ahora no hay vacilación en reconocer la correlación entre la energía física y la nerviosa. Por más que ésta sea muy sutil y sólo afecte nuestros instrumentos de medición en condiciones excepcionales, el hecho de que las fuerzas nerviosas son afectadas por las físicas y de que pueden medirse directamente, indica su conexión con dichas fuerzas físicas; pero cuando se trata de aquellas partes menos conocidas del sistema nervioso, hay que detenerse.

Puede imprimirse la fuerza exterior á los órga-

nos de los sentidos; puede convertirse esta fuerza en estímulo nervioso; puede seguirse ese estímulo hasta el cerebro como un movimiento ondulatorio; pero aquí hay que hacer alto. Ignórase cómo se trueca el impulso nervioso en sensación, lo cual es importantísimo. El carácter mental de la sensación parece basarse en una categoría propia de la sensación misma, y por lo tanto no se puede considerar como una forma de la energía física, á pesar de los grandes esfuerzos que se han hecho en este sentido.

Las sensaciones pueden medirse en cuanto á su intensidad, lo que depende hasta cierto punto de la intensidad del estímulo que las despierta. La onda física del impulso nervioso excita indudablemente la sensación mental. En el crecimiento del individuo el desarrollo de sus facultades mentales es paralelo al de sus nervios y su cerebro, lo que prueba que dichas facultades dependen de la estructura cerebral. Se ha visto, además, que en unas partes del cerebro (las células cerebrales) ocurren cambios cuando se excitan como actividades mentales. Esta serie de hechos indica una asociación entre la parte mental de las sensaciones y la estructura física del órgano; pero no demuestra ni puede demostrar jamás correlación entre ambas. La falta de semejanza en los fenómenos intelectuales y los físicos es tan absoluta, que no es posible establecer conexión entre ellos. Es imposible concebir la parte mental de una sensación como forma de onda nerviosa en movimiento y si se toman en consideración los otros fenómenos asociados con el sistema nervioso—los procesos mentales más definidos—faltan siempre datos comparativos. No se puede imaginar el pensamiento humano medido por uni-

dades, y es inútil cuanto se intente para encontrar correlación entre unos fenómenos y otros. Es verdad que ciertos psicólogos, dejando á un lado el vacío radical que existe entre el espíritu y la materia, han tratado de formar un concepto de la naturaleza física de la inteligencia; pero el principal resultado de sus investigaciones ha sido la formación de un concepto de la naturaleza física del cerebro. La posibilidad de describir un cerebro complejo desarrollándose paralelamente á una inteligencia compleja, se ha considerado como equivalente á la prueba de su identidad; y en todos los esfuerzos hechos en este sentido se ha prescindido siempre de que el estímulo de un nervio, proceso puramente físico, no es lo mismo que una sensación mental. Es muy aventurado decir lo que el porvenir revelará; pero el hecho es que la parte mental del organismo no está ni puede estar incluída en el concepto de la naturaleza mecánica del ser viviente.

14. **El ser animado.**—Recorriendo los estudios hechos hasta aquí, ¿cuál debe ser nuestro criterio acerca del funcionamiento del ser animado? Ante todo, está justificado el compararlo con una máquina, puesto que en lo que concierne á sus relaciones con la energía física es simplemente un mecanismo más complicado. La recibe como composición química y la devuelve como calor, onda en movimiento, etc. Lo que no puede resolver, en definitiva, es la posibilidad de incluir otras formas de actividad nerviosa y mental en la misma categoría, ó si deben considerarse como pertenecientes á un dominio especial fuera del campo de la energía física, pudiendo decirse tan sólo que es inconcebible medir estas energías. La completa disparidad entre el pensa-

miento y el movimiento ondulatorio de cualquiera clase que sea, da á conocer que en lo relativo á la inteligencia, ese don superior de los seres, no es exacta ni cosa parecida la comparación del organismo con una máquina.

Cuanto á la segunda parte de la cuestión, esto es, si las fuerzas naturales bastan para explicar el funcionamiento de la economía animal, se puede dar una aclaración más satisfactoria. La circulación, la respiración, las secreciones, todos los fenómenos fisiológicos y ciertas fases, á lo menos, de la acción del sistema nervioso, caen bajo el dominio de las fuerzas físicas y químicas.

15. **El mecanismo viviente como constructor y destructor de los cuerpos compuestos.**—El mecanismo viviente difiere en un punto de todas las máquinas. De la acción de éstas resulta la destrucción del material orgánico y, por consiguiente, *degeneración de la substancia*. Por ejemplo, una máquina de vapor recibe carbón, cuerpo de composición química compleja y lo descompone en compuestos más simples para dejar en libertad su energía acumulada. Examinando las máquinas artificiales, se ve que todas destruyen los compuestos químicos superiores: en ellas es muy común la producción de calor como fuente de energía, calor que sólo se desarrolla fraccionando los compuestos químicos. Lo propio acontece en los laboratorios. Ciertamente, el químico obtiene á veces compuestos complejos de otros simples, pero para ello se ve obligado á emplear el calor, que lo consigue destruyendo una cantidad de compuestos complejos mayor que la que él elabora. Es, por tanto, un hecho, que las máquinas y los procedimientos químicos artificiales dan como resultado final la degeneración de la materia.

En el organismo vivo, por el contrario, se realiza el proceso de *construcción.* Todos los compuestos químicos superiores reconocen por origen los seres vivientes. Cuando las plantas verdes crecen al sol, toman compuestos simples y los combinan para formar otros más complejos, resultando un aumento de compuestos químicos muy complicados. Para esto emplean la energía del sol que después almacenan en los compuestos formados, produciéndose de este modo almidón, aceites, substancias protéideas, madera, etc., que más tarde se usan en las máquinas artificiales. El ser animado construye, mientras que las máquinas destruyen: el uno acumula rayos de sol en compuestos complejos, mientras que las otras se apoderan de estos rayos y los utilizan. El organismo viviente se podría comparar más bien á una máquina solar que recibiera su energía directamente del sol, más, mucho más que á una máquina común. Aun cuando nada diga esto en contra de que dicho organismo sea algo como una máquina, indica, sí, que es enteramente distinto y que posee propiedades que ninguna máquina tiene. *Sólo el organismo vivo aumenta la suma de los compuestos químicos más complicados.*

Debe observarse, sin embargo, que este poder constructor, en oposición al destructor, no lo tiene más que un grupo especial de seres organizados, la planta verde. Todas las demás plantas incoloras y los animales todos, viven destruyendo estos compuestos y utilizando la energía que ponen en libertad. Verdad es que el animal ejecuta algunas operaciones constructoras elaborando material compuesto de cuerpos más simples, como la conversión del almidón en grasa; pero en esta operación destruye gran cantidad de materias orgáni-

cas para proveerse de energía constructora, y el resultado es más bien una degeneración de compuestos químicos que una construcción. Por más que la facultad de construir esté limitada á la planta verde, separa radicalmente los seres organizados de las otras máquinas; pues si bien el químico puede hacer cuerpos complejos de otros simples, si bien la máquina puede emplear los rayos del sol, sólo el organismo aumenta en el universo la suma de compuestos químicos complejos.

16. **El factor vital.**—Á pesar de todas estas explicaciones acerca de los procesos vitales, bien se deja ver que no se ha llegado al punto culminante de la cuestión. Se han explicado muchos procesos secundarios, mas los primarios están aún por resolver. En el estudio de la digestión se ha comprendido todo hasta que se llegó á la propiedad vital de la secreción glandular; en el de la absorción estuvo todo á nuestro alcance hasta que se llegó á la propiedad vital de las células absorbentes; la circulación se entiende perfectamente hasta que se llega á la contracción del corazón y de los músculos de los vasos sanguíneos; las secreciones se explican en parte, pero hay asimismo en ellas fenómenos vitales. Como se ve, se han resuelto los problemas secundarios: cuanto á los primarios, hay que atribuirlos á las propiedades de los tejidos. La relación entre los actos y los fenómenos generales de la correlación de las fuerzas es bastante sencilla. Que un músculo es como una máquina en el sentido dado á esta palabra, es indudable; mas, por qué funciona este músculo, no se explica con decir que deriva su energía del material alimenticio transformado: hay algo superior que lo mueve, y quedan, por tanto, sin explicación puramente física, los fenómenos

fundamentales, por más que se hayan resuelto los secundarios.

Hasta ahora sólo se ha estudiado la economía en conjunto; pero ya se ha visto que las diversas partes de ese conjunto son activas de por sí, y que sus fracciones, á más de las funciones del organismo en general, poseen propiedades vitales. Débese, por consiguiente, hacer abstracción de esta maquinaria que embrolla el problema y ver si se pueden hallar las unidades fundamentales que revelan estas propiedades desligadas del mecanismo secundario que ya ha ocupado nuestra atención. Hay que volver al problema relativo á la célula y el protoplasma, toda vez que, si en alguna parte ha de encontrarse la explicación de la parte vital, reducida á sus términos más simples, ha de ser en ambas cosas, que nos han de servir como de fundamento en los estudios biológicos, los cuales tienen por objeto *la investigación de las leyes puramente de la vida*; los relativos al espíritu ó alma, sus facultades y operaciones pertenecen á la *Psicología*.

CAPÍTULO III

LA CÉLULA

1. **Propiedades vitales.**—Ya se ha visto que las actividades vitales del organismo se explican por las leyes químicas y mecánicas, aceptando como base de aquéllas las propiedades vitales simples de los fenómenos de la vida. Débese abordar ya más de cerca el fondo del problema y ver si es posible investigar el origen de estas propiedades fundamentales y explicarlas.

Ante todo, ¿qué son estas propiedades? Las facultades vitales son diversas y están cimentadas en todas las formas de la actividad vital. Sin embargo, libres de complicaciones, pueden reducirse á cuatro: (1) *irritabilidad*, ó sea la propiedad que posee la materia viva de reaccionar cuando se la estimula; (2) *movimiento*, ó sea la propiedad de contraerse por un estímulo; (3) *metabolismo*, ó sea la cualidad de absorber los alimentos y de producir en ellos ciertos cambios químicos que, ó los convierten en más tejido vivo, ó los descomponen para poner en libertad su energía; (4) *reproducción*, ó sea la propiedad de producir nuevos individuos. De estas cuatro actividades simples se derivan todas las demás, y si se pudiere encontrar una explicación para ellas, se habría explicado el organismo animado. Concediendo que ciertas partes del cuerpo pueden asimilar alimento y reproducir, y que tienen la facultad de contraerse cuando se irritan, se puede formar idea de las otras funciones del organismo por la aplicación de estas propiedades á tan complicada maquinaria. Pero éstas son las fundamentales, y sólo teniendo conocimiento exacto de ellas se llegará al fondo del problema.

Á medida que se pasa de los animales más complicados á los que lo son menos, se notará una simplificación gradual del mecanismo, hasta que éste desaparece en apariencia, y se verá que están provistos de menor número de facultades y que sus adaptaciones son menos delicadas, sin que por eso dejen de ser las mismas las propiedades fundamentales de todo organismo. Los tipos inferiores del mundo orgánico son simples en el número de sus componentes, pero poseen facultades de asimilación y de crecimiento idénti-

cas á las características de los superiores. Para investigar el origen de las propiedades vitales hay dos medios: valerse de los organismos menos complicados que carecen de mecanismo secundario, ó valerse de las partes más pequeñas á que puedan reducirse los seres superiores conservando su vitalidad. Por ambos métodos es dado llegar á encontrar los fenómenos vitales en su forma más simple independientes de todo mecanismo secundario. Si nos dirigimos á los animales inferiores, hallaremos en ellos formas que se componen de una sola célula, y si analizamos los tejidos de los superiores, se verá que sus últimos elementos son células. Por tanto, el estudio de la célula se impone.

Antes de comenzarlo, bueno será adquirir una idea clara de la naturaleza exacta de los problemas que se han de resolver. Hay que explicar las actividades vitales por manera tal, que se hagan inteligibles por la aplicación de las fuerzas naturales. Estos procesos son fundamentalmente químicos. La oxidación del alimento reconoce la misma base que todas las fuerzas vitales, siendo por consiguiente, la acción de las fuerzas químicas la que suministra su energía á las propiedades de la vida. Mas el problema estriba en saber qué es lo que regula esos procesos en el organismo vivo. La grasa y el almidón pueden oxidarse en un tubo de ensayo quedando en libertad su energía, pero sin que se manifieste fenómeno vital alguno. Las protéideas pueden ponerse en contacto con oxígeno sin que ocurra ninguna oxidación, y aun cuando se oxidaren en estas circunstancias, no darían muestras de asimilación ni de reproducción, fenómenos que sólo ocurren cuando la oxidación se verifica en el organismo vivo. El

problema es determinar lo que en éste regula las oxidaciones y otros cambios de modo que se produzcan actividades vitales. ¿Por qué la oxidación del almidón en la economía da origen al movimiento, al crecimiento, á la reproducción, mientras que la oxidación en el laboratorio ó aun en fragmentos de protoplasma muerto, sólo produce calor?

Una de las cuestiones primarias en que hay que fijarse es, si la explicación que en el fondo se va á encontrar es *mecánica* ó *química*. En las formas más simples de la vida en que hay manifestaciones vitales, ¿deben atribuirse estas propiedades únicamente á fuerzas químicas de la vida ó á la acción de una maquinaria complicada? He aquí una cuestión de gran importancia cuya profunda significación se comprenderá por las siguientes consideraciones:

La afinidad química es una fuerza bien reconocida. Bajo su acción se producen compuestos químicos y se forman otros diversos en diferentes condiciones. Las propiedades de éstos difieren según su composición y mientras más complejos sean, más variadas serán esas propiedades. Se podría admitir en hipótesis que hubiera un compuesto químico tan complejo que poseyese entre otras propiedades la de hacer que el alimento se oxidare por manera tal que produjera asimilación y crecimiento. Claro es que este compuesto había de ser animado y que la facultad de asimilar alimento sería en él una propiedad física como lo es en el agua la de helarse. Si esta hipótesis fuera una realidad, el problema de la vida sería químico. Bastaría demostrar la existencia del compuesto para que el misterio de la vida se hiciera inteligible. Si la afinidad química es propia

en ciertas circunstancias para constituir algunos compuestos, se concibe que en otras circunstancias produzca substancia química animada. Las investigaciones deben tender, por tanto, á reunir condiciones adecuadas para la formación de compuestos animados por las fuerzas conocidas de la afinidad química.

Por otra parte, supóngase que el fragmento más simple de materia viva no es un compuesto químico, sino una máquina complicada. Supóngase, además, que después de reducir esta substancia á su tipo más sencillo, se viere que no sólo tiene una estructura química compleja, sino que posee también gran número de partes constitutivas ajustadas unas á otras de tal modo que funcionen unidas cual un mecanismo muy intrincado. En este caso el problema cambiaría, y para explicarse la máquina no habría que apelar á las fuerzas químicas. La afinidad se presta para la explicación de los compuestos químicos por complicados que sean; pero en manera alguna para dar razón del ajuste de las partes que componen una máquina. El problema del origen de la vida no sería ya químico, sino mecánico. Como se ve, la cuestión de si las propiedades de los tipos más simples de la vida se han de atribuir á la composición química ó á la estructura mecánica, reviste la mayor importancia.

2. **Descubrimiento de la célula.**—Difícil es hoy formarse juicio de la admirable claridad que difundió en el mundo científico y filosófico el descubrimiento de la célula y el protoplasma. De tal manera domina la biología, que apenas puede concebirse en la actualidad cuán vagos eran los conocimientos antes de la aparición de la célula y el protoplasma. Una comparación dará á co-

nocer mejor la importancia de la célula en el estudio de la vida.

Imagínese un ser inteligente que habita en la luna y quiere estudiar los fenómenos de la superficie de la tierra. Imagínesele provisto de un telescopio de bastante potencia para distinguir los objetos grandes de este planeta, mas no los pequeños. Verá en diversos lugares ciudades de diferentes aspectos, tamaños y formas; verá los ferrocarriles circulando de acá para allá; verá nuevas poblaciones que se levantan, otras que se hacen mayores, y hará muchos cálculos acerca del por qué se adopta tal ó cual forma. Pero, no obstante sus observaciones más minuciosas y sus más ingeniosas especulaciones, no podrá comprender la significación real de las ciudades, puesto que desconoce la unidad viviente. Imagínese ahora que este observador selenita inventa otro telescopio que le permita ver objetos más pequeños y llega á descubrir al ser humano. ¡Qué revolución más completa se verificará en él respecto á sus conocimientos en los asuntos terrestres! Desde luego se comprende con cuánta rapidez un descubrimiento sucederá á otro; cómo comprenderá que los seres humanos son los que fabrican las casas, los que construyen y hacen correr los ferrocarriles y los que manejan á su placer el desenvolvimiento de las ciudades; cómo, por último, habrá aprendido que el hombre es el que crece y se multiplica y que todo lo demás es resultado de sus actividades. Este observador extraterrestre entrará en una nueva era que le hará olvidar sus conocimientos antiguos.

Una cosa análoga es la ocasionada en el estudio de los seres vivos por el descubrimiento de la célula y el protoplasma. Los animales y las plan-

tas han sido estudiados durante siglos y más siglos haciéndose acerca de ellos muchas pacientes observaciones y coleccionándose multitud de datos relativos á sus relaciones, distribución, dimensiones, etc. La anatomía ocupó largo tiempo la atención de los naturalistas, llegándose á conocer perfectamente la estructura del ser orgánico; pero los descubrimientos hechos en la cuarta década del siglo XIX revelando la unidad de la actividad, han cambiado por completo el aspecto de la biología.

3. **Doctrina celular.**—Según esta teoría, los cuerpos de los animales y las plantas están constituídos por pequeñísimas cantidades elementales más ó menos independientes unas de otras y susceptibles de crecimiento y multiplicación. Créese generalmente que esta teoría fué iniciada en 1839 por Schwam, pero mucho tiempo antes de éste, varios microscopistas habían visto que las plantas estaban formadas por unidades elementales. Al describir Roberto Hooks en 1665 la corteza de un árbol, dijo que se componía de pequeñas cajas ó celdas que consideró como una especie de panal de miel y que estaban llenas de aire. La palabra celda ó célula describe con exactitud los compartimientos de dicha estructura (Fig. 7) y ha permanecido en la ciencia, no obstante que su primitiva significación ha desaparecido. No pocos naturalistas describieron en

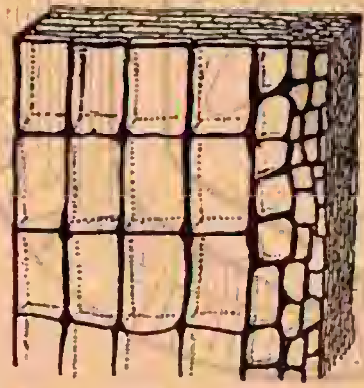


Fig. 7. — Fragmento de la corteza de un árbol mostrando la estructura celular.

el siglo XVII estas diminutas vesículas considerándolas como pequeños espacios y no concediéndoles importancia en la actividad de las plantas. En dos ó tres ocasiones se notaron en los animales celdas análogas, sin que se creyera había conexión entre ellas y las de los vegetales. Á principios del siglo XIX se multiplicaron las observaciones en diversas clases de tejidos orgánicos, y muchos micrógrafos dieron cuenta de corpusculillos celulares, hasta que en 1839 reunió Schwam todas estas observaciones y estableció una teoría general. Según la doctrina celular entonces formulada, las partes de todos los animales y plantas se componen, ó de células ó de material procedente de ellas. En los primeros, no es tan fácil percibir la estructura celular; pero sus músculos, huesos, nervios, etc., están formados de vesículas similares provinientes de células. El tamaño y las formas de éstas son muy diferentes, mas su estructura en general es siempre la misma. Las células, iguales en ambas clases del reino orgánico, constituyeron el primer lazo de unión entre los animales y las plantas, y el descubrimiento de ellas dió el mismo resultado que el del observador selenita cuando percibió por vez primera al hombre.

Aun cuando Schwam y sus inmediatos sucesores reconocieron que el organismo se componía de células, no pudieron explicar cómo nacían éstas. Lo primero que se creyó fué, que existía en los cuerpos organizados una substancia sin estructura que formaba la base de donde proceden las células, de la misma manera que los cristales proceden del líquido matriz. Schwam llamó á esta supuesta substancia *citoblastema* y creyó que existía entre las células y aún en el interior de ellas. Su-

púsose que nacían de este flúido por un procedimiento análogo al de la cristalización. Pero la célula nace de un modo muy diverso de como crece el cristal, que lo hace siempre por capas exteriores, mientras que la célula crece por adiciones en el interior de su substancia. Esto es secundario, siendo lo principal que la célula se separaba de un líquido sin estructura que contenía materiales propios.

Bien pronto se dudó de la exactitud de la idea del citoblastema y, casi al mismo tiempo de la aparición de la teoría celular, algunos microscopistas pretendieron que las células no provenían de un medio informe, sino que se formaban por divisiones de ella misma. Demostrado ésto, fué aún de mayor importancia que el primitivo descubrimiento. Este asunto estuvo en litigio cierto número de años exponiéndose razones casi iguales por ambas partes, hasta que un escocés, el Dr. Barry, presentó argumentos que resolvieron la cuestión en favor del desarrollo del óvulo.

He aquí la esencia de su descubrimiento: el óvulo de un animal es una sola célula, y cuando comienza á desarrollarse dentro del embrión se divide primero en dos mitades produciendo dos células (Fig. 8, *a* y *b*). Cada una de éstas se divide á su vez, y por repetidas divisiones y subdivisiones se llega á formar una masa sólida de células más pequeñas (Fig 8, *b* á *f*) dándose á este período el nombre de *período de mora* por su semejanza con este fruto. Al aumentar el número de células aumenta la dimensión de la masa por la absorción de los alimentos, y la célula continúa subdividiéndose hasta constituir grupos de miles. El cuerpo del animal se va formando de estas células y cuando llega á la edad adulta, se compone

de millones de ellas procedentes de las divisiones de la primitiva. En esta teoría, cada célula pro-

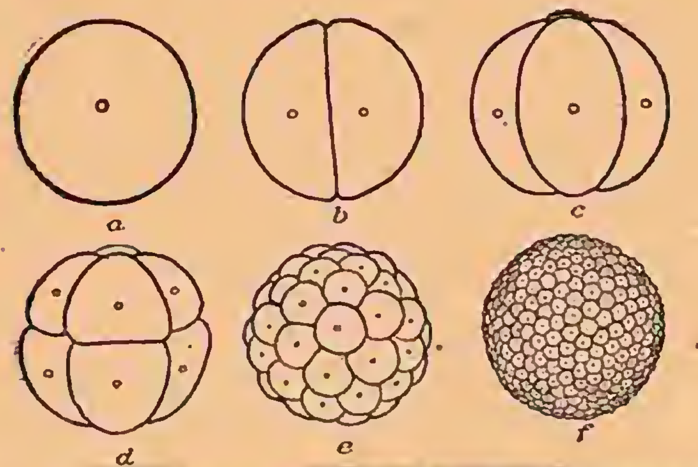


FIG. 8.—Períodos sucesivos en la división del desarrollo del óvulo.

viene de otras sin que el citoblastema tenga parte en esta evolución.

Imposible fué para Barry y todos los que se ocuparon del asunto, seguir las divisiones sucesivas de la célula madre en todos sus períodos. Estas divisiones pueden estudiarse en el microscopio, por un tiempo limitado, pasado el cual hay que atenerse á simples conjeturas. Se dedujo que, puesto que la célula original empieza por divisiones simples, y puesto que la célula joven sigue igual procedimiento, era lógico creer que éste continuaría sin interrupción y sería el único método de evolución celular, lo que no tardó mucho en confirmarse. Algunos biólogos siguieron creyendo que las células podían tener diverso origen que el de otra preexistente; pero al fin se abandonó la idea y hoy todos admiten que las células nuevas proceden por descendencia directa de otras viejas.

4. **La célula.**—¿ Qué es esa célula que forma la unidad de la vida y á la que pueden referirse todas las propiedades fundamentales de ésta ? Diríjase ante todo una mirada á la estructura de ella tal cual fué comprendida por los primeros que la estudiaron al microscopio. En la Fig. 9 se representa una célula tipo que, como se ve, consta de tres partes. La primera es la pared celular, *cw*, verdadera membrana envolvente de diversos tamaños y formas : en realidad carece de vida, siendo una secreción del resto de la célula. Producto de otras partes activas de ella, se considera como *material formado*, distinguiéndola así del resto que es *material activo.* Esta vesícula contiene una substancia transparente, semiflúida, que ha recibido varios nombres y que llamaremos *substancia celular* (Fig. 9, *pr*). Es abundante ó escasa y su consistencia varía desde la de un líquido claro hasta una jalea espesa. En el interior de ella hay un corpúsculo esférico que se denomina *núcleo* (Fig. 9, *n*). Visto al microscopio parece semejante á la substancia celular, y con frecuencia se ha descrito como un fragmento de dicha substancia. Muchas veces se nota dentro del núcleo uno ó más cuerpos redondeados pequeños, conocidos con el nombre de *nucleolos.* Desde que se descubrió la célula se han estudiado en ella esas tres partes ; pared; substancia celular y núcleo ; pero

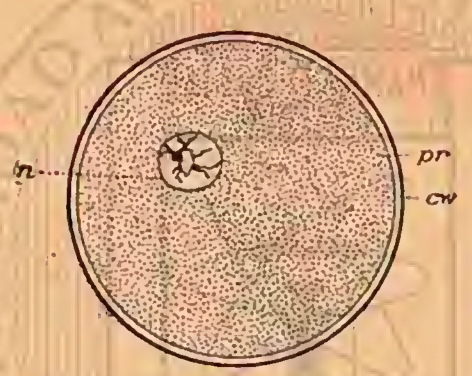


FIG. 9.—Una célula : *cw*, pared celular ; *pr*, substancia celular ; *n*, núcleo.

en cuanto á sus relaciones entre sí y á las actividades generales de la célula, ha habido gran diversidad de opiniones.

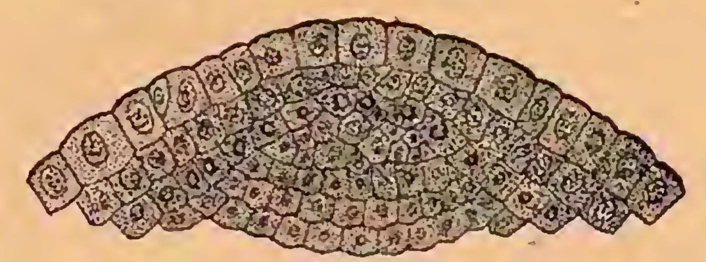


Fig. 10.—Células del extremo de una raíz.

5. **Estructura celular de los organismos.**—¿ Qué se quiere significar cuando se dice que todos los cuerpos organizados están compuestos de células? Para comprender esto mejor, véanse las Figs. 10–14 que manifiestan el aspecto en el microscopio de los tejidos de varias plantas. En la Fig. 10 se ve el extremo de una raíz formada de células muy semejantes á la típica ya descrita. En la Fig. 11 se ve el trozo de una hoja que tiene la misma estructura general. La Fig. 12 representa un fragmento del tejido de una planta cuyas paredes celulares son muy espesas, por manera que su estructura es muy densa. La Fig. 13 mani-

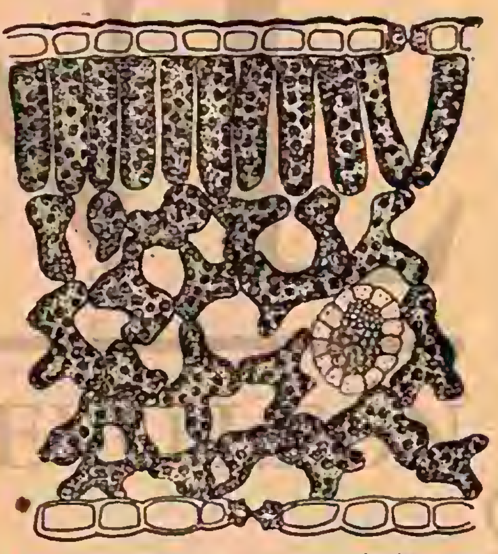


Fig. 11.—Sección de una hoja mostrando células de diversos tamaños.

fiesta un trozo de patata con sus células llenas de granos de almidón producidos por las actividades de la célula y depositados en su interior. La Fig. 14 representa varias células de madera de diferentes formas que por estar ya muertas, han perdido su contenido quedando sólo las paredes sin vida. Cada una de ellas estuvo llena en los comienzos de la planta de substancia celular con su núcleo. Cualquiera trozo de tejido vegetal que se examine, se verá que está constituído por células análogas.

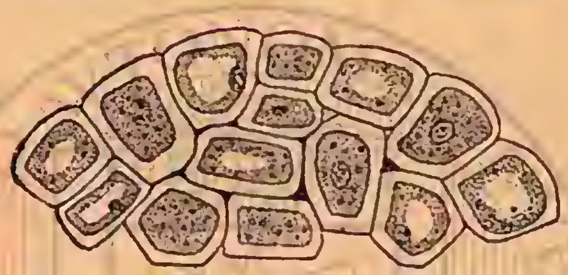


Fig. 12.—Células de un helecho con paredes espesas.

En los tejidos animales no se percibe con tanta claridad la estructura celular, porque los productos procedentes de la célula y los formados por ella se hacen relativamente más abundantes,



Fig. 13.—Sección de una patata que manifiesta células de diferentes formas, llenas las mayores y más profundas de granillos de almidón.

y porque las células no son tan prominentes, sin que por eso esté menos demostrada su estructura celular. En la Fig. 15 se verá un trozo de cartílago en el que las células son pequeñas y el material depositado en ellas es abundante. Este material debe mirarse realmente como una pared celular excesivamente espesada y segregada en la substancia contenida en el interior de las células. Un cartílago no es, por tanto, otra cosa que una masa de células con sus paredes excepcionalmente gruesas.

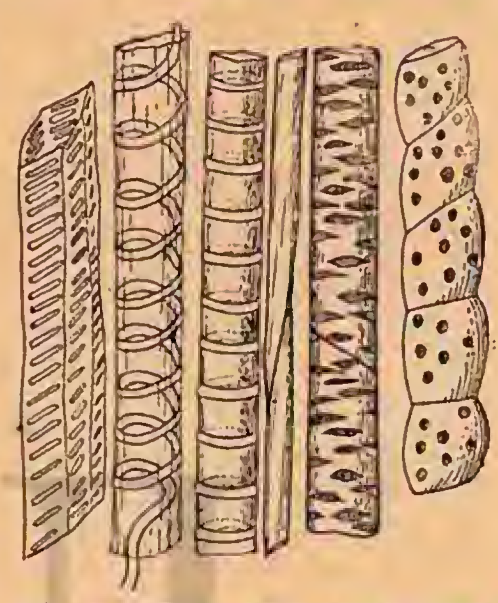


FIG. 14.—Células de madera de varias formas.

La Fig. 16 representa una gota de sangre. Como se ve, las células están flotando en un líquido. Éste es incoloro, siendo debido el color rojo de la sangre á las células sanguíneas. La Fig. 17 manifiesta un fragmento de hueso con células pequeñas irregulares, enclavadas en una gran masa de material depositado por ellas mismas. En este caso el fosfato cálcico ha endurecido el material formado, lo que da al hueso su consistencia dura. En algunos



FIG. 15.—Un trozo de cartílago.

tejidos animales ese material abunda aún más. En la Fig. 18 hay un trozo de tejido conexivo compuesto de una masa de fibras finas que no se asemejan á células y que en realidad no lo son. Las que se ven en esa figura han segregado el material fibroso. La Fig. 19 representa las células que constituyen un trozo de nervio. En la Fig. 20 se ve un fragmento de músculo: la única huella de tejido celular que en él existe está en el núcleo *n*; pero si se examina el músculo joven, su estructura celular es evidente. Ocurre en los animales adultos que las células, grandes y perceptibles al principio, se hacen cada vez menos marcadas hasta el extremo que el tejido adulto llega á parecer en ocasiones compuesto principalmente de material formado.

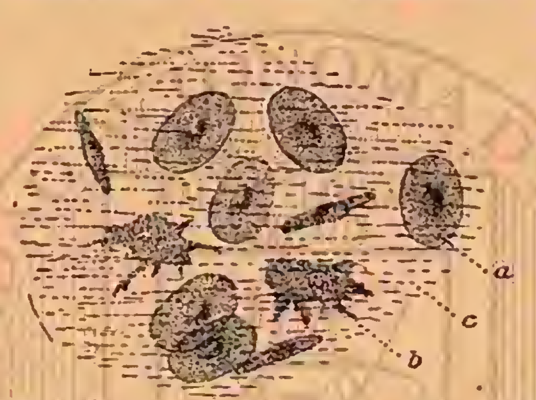


FIG. 16.—Sangre de una rana: *a* y *b*, son las células; *c*, es el líquido.


FIG. 17. — Fragmento de hueso mostrando las células enclavadas en la substancia ósea.

No se crea, sin embargo, que puede trazarse una línea divisoria entre la célula misma y el material formado por ella. Éste es en muchos casos una pared celular espesada que se considera comunmente como parte de la célula.

Á menudo, este material se forma solamente en las paredes celulares ya muertas, de las que proceden las substancias vivas (Fig. 14). En otros casos, la substancia celular adquiere funciones particulares, por manera que parece que el material formado es una célula modificada y todavía en actividad. Esto es lo que acontece en el músculo. Otras ocasiones parece que ese material se elabora y segrega dentro de la célula, que es lo que sucede en el hueso. No es posible trazar líneas definitivas entre los varios tipos; pero la distinción entre el material formado y la célula es conveniente y debe conservarse para mejor inteligencia. Al tratar de las propiedades vitales fundamentales sólo hay que ocuparse de la substancia celular, no teniendo el material formado intervención en las propiedades fundamentales de la vida, por más que constituya en gran parte el mecanismo secundario ya estudiado.



FIG. 18.—Tejido nervioso: *c*, células; *f*, fibras ó material formado.



FIG. 19. Fibra nerviosa exhibiendo la célula con su núcleo en *n*.

En todos los animales y plantas superiores la vida del individuo comienza por un óvulo ó una célula, y á medida que crece, las células aumentan rápidamente, hasta el extremo que cuando aquél llega á la edad adulta posee ya millones de ellas, las que toman diferentes formas adaptables

á las funciones que han de desempeñar. Así, las células que han de constituir huesos difieren de las que han de formar músculos, y las de la sangre en nada se parecen á las del cabello. De esta diferencia nace una masa muy compleja de células variadas por sus formas y funciones.

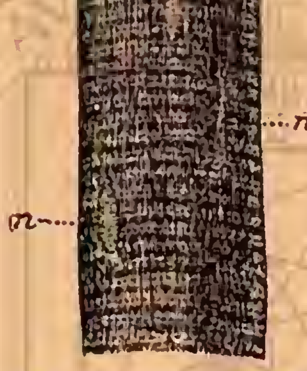


FIG. 20.—Fibra muscular. Los núcleos se ven en *n*.

Debe además tenerse en cuenta que hay algunos animales y plantas que sólo se componen de una sola célula. Estos organismos son sumamente pequeños y comprenden la mayor parte de los llamados *animálculos* que se encuentran en el agua. En ellos se modifican las diversas partes de la célula para llevar á cabo las varias funciones, hallándose los órganos en el interior de la célula y siendo ésta más completa que la típica. La Fig. 21 representa una célula de esta clase. Ese animal posee varios órganos; pero, puesto que consiste en una sola masa de protoplasma y en un sólo núcleo, es una célula sola. En el organismo multicelular los órga-

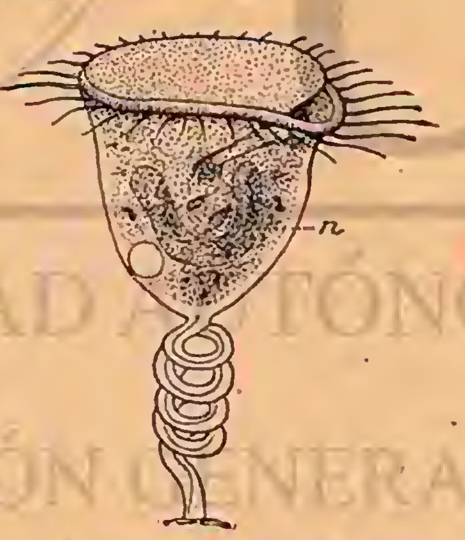


FIG. 21.—Célula compleja, de un animal complejo, formado por una sola célula.

nos se componen de células, y la diversidad en ellos se produce por diferencia de éstas; pero en el organismo unicelular los órganos resultan de la diferencia de las partes de una sola célula. En los unos hay diferencia de células, en los otros diferencia de una sola.

Tal es la célula á cuyas actividades es posible referir las propiedades fundamentales de los seres vivos. Dotadas de irritabilidad, contractibilidad, asimilación y reproducción, debe buscarse en ellas la interpretación de los fenómenos de la vida. Si se llegase á comprender las actividades de la célula, el problema estaría resuelto, porque las actividades del ser completamente formado, por más que sean complejas, son sólo la acción de principios mecánicos y químicos entre los grupos de dichas células. Pero, ¿en qué puede ayudarnos el conocimiento de la célula? ¿Nos acercará más á la inteligencia de cómo nacen los fenómenos vitales? Antes de responder, debe inquirirse si hay posibilidad de determinar si una parte de la célula es el asiento de sus actividades.

6. **La pared celular.**—La primera idea que surgió fué que la parte más importante de la célula era su pared, considerándose las otras como secundarias. La pared es la porción más persistente de la célula, la última en desaparecer y la que el microscopio descubrió primero. Es cierto que en muchas de las mal llamadas células, sólo se ve la pared celular por haber dejado de existir lo contenido en ella (Fig. 14). No es de extrañar, por tanto, que se mirase como la principal y se creyera que cambiaba el carácter químico de las substancias puestas en contacto con cualquiera de sus dos superficies, dando ocasión á las actividades vitales que, como ya se sabe, son fundamental-

mente químicas. Tal era la opinión de Schwam, por más que juzgara importantes también los otros constituyentes de la célula.

Este concepto sólo fué transitorio, y bien pronto se evidenció que era insostenible, al ver que muchos fragmentos de materia viva carecían de pared celular. Mientras que esta parte está casi siempre bien desarrollada en la planta, es muy común que estén desprovistas de ella las células animales, como acontece en los glóbulos rojos de la sangre. La Fig. 22 representa una *amoeba*, célula que tiene la propiedad de moverse y de asimilar, y que carece de pared. Además, las células jóvenes siempre son más activas que las viejas y con frecuencia carecen de pared celular ó es muy fina, depositándose á medida que aumenta la edad de la célula, y conservándose mucho tiempo después de muerta ésta. Estos hechos derrocaron la teoría de que la pared es una parte vital de la célula, y se reemplazó por otra que había de tener influencia más profunda en el estudio de la biología, que ninguno de los descubrimientos realizados. Así se creó la doctrina de la naturaleza del protoplasma.

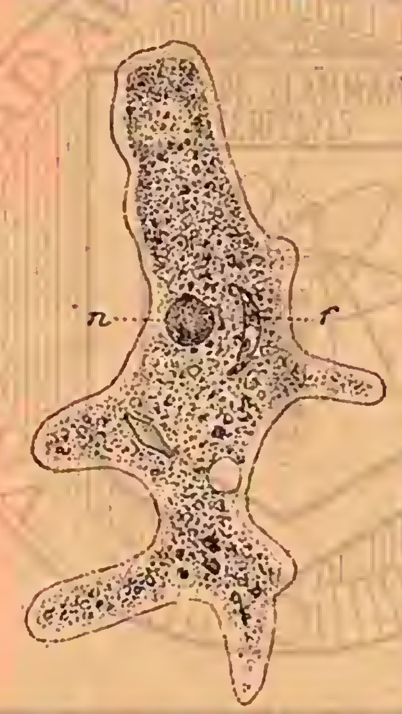


FIG. 22.—Una amoeba. Célula sin pared. *n*, núcleo; *f*, trozo de alimento absorbido por la célula.

CAPÍTULO IV

EL PROTOPLASMA

1. **Descubrimiento.**—Demostrado que la pared celular era hasta cierto punto inactiva, se fijó la atención en los contenidos de la célula. Veinte años después que la teoría celular se formuló, se consideraron el núcleo y la substancia celular como esenciales para las actividades de la célula, muy especialmente el núcleo que se miró como órgano de reproducción. Estas ideas aparecieron con carácter indeciso en los escritos de varios autores, hasta que en 1860 se formuló una teoría que constituyó lo que muchas veces se ha llamado el punto de partida de la biología moderna. Desde entonces el protoplasma se elevó á gran altura en el estudio de todos los particulares relacionados con los fenómenos de la vida. Fué perfectamente definido por Schultze, quien sostuvo que la parte verdaderamente activa de la célula era la substancia celular. Probó que estaba dotada de las facultades de moverse y producir cambios químicos asociados con los fenómenos vitales, que abundaba más en las células más activas, menos en las que habían perdido su actividad y desaparecía al mismo tiempo que la vitalidad de ellas. Llegó á adquirir predominio tal esta substancia, que los pequeños cuerpos existentes en su interior quedaron obscurecidos, no figurando el núcleo para nada por espacio de veinte años en la biología. Según Schultze, la substancia celular era la que constituía la célula, y los otros componentes que con frecuencia faltaban estaban subordinados á ella. La célula se consi-

deró como un fragmento de protoplasma y nada más. Pero el carácter más importante de esta doctrina no era simplemente la conclusión de que la substancia celular constituye la célula, sino la afirmación de que era esencialmente *idéntica en todas* las células. El estudio de los animales, así superiores como inferiores, manifestó que todas las células activas estaban llenas de esa substancia y, lo que es aún más importante, las células vegetales revelaron un material enteramente similar. Schultze hizo experimentos con esa substancia por todos los medios que estaban á su alcance, y viendo que en todo el reino orgánico obedece á los mismos reactivos, llegó á la conclusión de su identidad en los animales y las plantas. Entonces le dió el nombre de protoplasma, que ya se había dado antes á los contenidos de las células vegetales. Desde esa fecha se aplica el término protoplasma á la materia viva que se halla en todas las células y se hizo el factor principal en la solución de los problemas biológicos.

Difícil es apreciar la importancia de esta nueva teoría. Según ella, el protoplasma es la base de los fenómenos vitales. Es una substancia simple y uniforme, presente siempre en los animales y las plantas y que desaparece con la muerte: es, realmente, la única cosa que tiene vida, porque ésta no existe sin la célula y el protoplasma. No obstante su sencillez, posee todas las propiedades fundamentales de los seres vivos—irritabilidad, contractibilidad, asimilación y reproducción—y Huxley la denominó "base física de la vida." Este concepto del protoplasma simplificó mucho los problemas relacionados con el estudio de la vida. Para comprender la naturaleza de ésta no se necesitaba ya ocuparse de esa masa

confusa de órganos complejos que nos ofrecen los seres orgánicos, ni aun de las estructuras menos confusas de las células individuales. Hasta la célula simple constaba de partes separadas capaces de producir grandes modificaciones en diferentes clases de animales. Esa confusión desapareció, porque sólo tenía vida una substancia y ésa era en apariencia muy sencilla y tenía todas las propiedades vitales: se movía, crecía y se reproducía por manera tal, que bastaba explicarla para explicar la vida.

2. **Naturaleza del protoplasma.**—¿ Qué es el protoplasma ? Tal como apareció primitivamente al microscopio no era más que una masa de jalea por lo común transparente, de mayor ó menor consistencia, casi flúida unas veces y otras más sólida. Su peculiaridad característica con respecto á sus cualidades físicas era una admirable é incesante actividad. Esta especie de jalea aparecía dotada de facultades sorprendentes y, no obstante eso, ni los estudios físicos ni los químicos revelaban en ella otra cosa que una masa informe gelatinosa. Su examen químico no ofrecía menos interés que el microscópico: no era muy fácil reunir una cantidad suficiente y bastante pura de protoplasma para hacer un análisis minucioso. Sin embargo, vencidas las dificultades, demostró el estudio químico que es una substancia protéidea, análoga á la albúmina, pero más compleja que ninguna de las conocidas. Por largo tiempo la consideraron algunos autores como un compuesto químico definido y trataron de determinar su fórmula, indicando el análisis una molécula compuesta de centenares de átomos. Los químicos no tuvieron gran confianza en estos resultados, y no es de extrañar que no

reinase el mejor acuerdo entre ellos respecto al número de átomos de la supuesta molécula. Creyeron, por otra parte, desde luego, que el protoplasma no era una substancia sola, sino una mezcla de diversas substancias. Pero si bien más compleja que ninguna de las conocidas, sus caracteres generales eran de tal manera semejantes á los de la albúmina, que se consideró unánimemente como una substancia protéidea más compleja que las otras y ocupando quizá el lugar más prominente en la escala de los compuestos químicos complejos. Así se desarrolló en poco tiempo la teoría de que los fenómenos vitales eran debidos á las actividades de un compuesto químico definido, si bien complejo, constituído principalmente por oxígeno, hidrógeno, carbono y ázoe, y en íntima conexión con los otros protéideos. Esta substancia era la base de la actividad vital, debiéndose á sus modificaciones los distintos fenómenos de la vida.

3. **Importancia del protoplasma.**—La significación de esta substancia adquirió gran valor. El problema de la vida se simplificó tanto con la substitución del organismo complejo por el protoplasma simple, que su solución parecía no ofrecer ya dificultad. La idea de un compuesto químico como base de los fenómenos vitales dió origen en poco tiempo á una teoría de la vida que daba razón de sus fenómenos fundamentales y que se llamó *teoría química de la vida.*

El estudio de la naturaleza química de las substancias procedentes de organismos vivos se ha desarrollado en lo que se conoce con el nombre de *química orgánica.* Ésta ha demostrado la posibilidad de formar artificialmente muchos de los compuestos orgánicos que antes se considera-

ban como productos exclusivos de organismos vivientes. Á principios del siglo XIX se juzgaba imposible elaborar por medios artificiales ninguno de los compuestos resultantes de la vitalidad de los seres orgánicos; pero los químicos no tardaron en demostrar que esa opinión era insostenible, probando que muchos compuestos orgánicos eran susceptibles de hacerse en el laboratorio. Éstos forman una serie que empieza en el ácido carbónico (CO_2), el agua (H_2O) y el amoníaco (NH_2), y que sigue por un gran número de complexidad cada vez mayor, si bien constituídos todos especialmente de oxígeno, hidrógeno, carbono y ázoe. Los químicos probaron que tratando substancias simples por medios apropiados, podían combinarse en moléculas más complejas, obteniéndose así compuestos que antes se miraban como producto sólo de las actividades vitales. Por ejemplo, la urea, el ácido fórmico; el índigo ó añil y otros cuerpos procedentes de seres orgánicos, se producen fácilmente por métodos químicos. Ahora bien: hecho el descubrimiento de que el protoplasma era la *base de la vida*, concebida la idea de que es una substancia protéidea relacionada con las albúminas, era inevitable que se creara una teoría que explicara la vida de acuerdo con las leyes químicas.

Si, como creen los químicos y los biológos, el protoplasma es un compuesto que figura á la cabeza de los seres orgánicos, y si, como realmente acontece, la química ha logrado obtener compuestos cada vez más complejos de esa serie, fácil es deducir que llegará un día en que se elaboren otros más complejos. Por otra parte, es bien sabido que los compuestos químicos simples poseen propiedades físicas simples y que las de

los complejos son muy variadas. El agua tiene las propiedades de ser líquida á ciertas temperaturas y sólida á otras y de dividir por disolución en pequeñas partículas ciertos cuerpos en contacto con ella. La albúmina, compuesto más superior, tiene más propiedades y entra en más combinaciones que el agua. Luego, si las propiedades aumentan con la complexidad, debe deducirse que las propiedades del protoplasma serán tan complejas como las de la substancia de la vida simple. Esto no es una mera hipótesis. Después de todo, las actividades fundamentales de la vida se refieren sólo á la oxidación del alimento, puesto que ésta se resuelve en movimiento, asimilación, crecimiento y reproducción. Sólo necesitaban, por tanto, los químico-biólogos para lograr una explicación mecánica de las actividades vitales, suponer que el protoplasma producía diversas clases de oxidación, de la misma manera que el agua produce una sola; y ciertamente no era absurda la deducción de que esa substancia tuviese esa facultad y que de ella se derivaran las demás actividades vitales.

En otras palabras, la doctrina del protoplasma hizo posible la presunción de que la vida no es una fuerza distinta, sino un nombre dado á las propiedades peculiares de ese compuesto, el más complejo de todos. No queda duda de que las cualidades del protoplasma son más admirables que las del agua; pero aquél es más complejo que ésta. Es muy inestable como la pólvora, y cualquiera modificación en su estado causa movimiento, como una chispa lo causa en la pólvora. Es capaz de oxidar los alimentos como el agua oxida un pedazo de hierro. La oxidación es diferente y resultan de ella combinaciones químicas; pero

forma la base de la asimilación. Toda vez que ésta lo es del crecimiento y de la reproducción, la teoría mecánica de la vida tenía un fundamento al referir á las simples propiedades del protoplasma todas las propiedades fundamentales de ella. Puesto que según se ha visto en otro capítulo las propiedades más complejas de los organismos inferiores se deducen de las más simples por la aplicación de las leyes mecánicas, la teoría mecánica de la vida reduce el organismo á una especie de máquina.

4. **Imperio del protoplasma.**—Esta substancia se hizo naturalmente el centro del pensamiento biológico. La teoría del protoplasma surgió poco más ó menos cuando, á consecuencia de los trabajos de Darwin, se comenzó á discutir la de la evolución, desarrollándose ambas simultáneamente. La evolución enseñaba que las fuerzas naturales bastan para dar cuenta de muchos de los fenómenos complejos considerados antes como insolubles; y, ¿qué cosa más lógica que se opinara lo mismo respecto á las actividades vitales manifestadas por el protoplasma? Mientras que el estudio de los animales y las plantas demostraba á los sabios que por las leyes naturales podía explicarse que los tipos más complejos procedieran de otros simples, la doctrina del protoplasma prometía demostrar también que las formas vivientes más simples podían derivarse de seres no vivos. La explicación del origen de la vida por medios naturales se presentaba como un asunto muy sencillo.

No se necesitaba un gran esfuerzo de inteligencia para explicar según esa teoría el origen de la vida. Sabido es que los elementos químicos tienen cierta afinidad entre sí y que se unen unos

á otros en condiciones apropiadas. Sabido es también que los métodos de unión y los compuestos que resultan varían con arreglo á las circunstancias en que dicha unión se verifica. No es menos sabido que el oxígeno, el hidrógeno, el carbono y el ázoe poseen propiedades muy notables y que unidos forman series casi interminables de cuerpos. Sábese, además, que variando las circunstancias, la química puede hacer que estos elementos se unan en variedad extraordinaria de compuestos dotados de propiedades igualmente diversas. Por tanto, ¿qué cosa más natural que suponer que, en condiciones dadas, estos elementos se combinen de tal modo que formen el protoplasma, y que siendo exactas las ideas relativas á éste, la combinación tendría las propiedades del protoplasma y, por consiguiente, estaría dotada de vida? Tal suposición no era absurda, y teniendo en cuenta la rapidez relativa en la elaboración de compuestos orgánicos, apenas podía calificarse ni de improbable. Los químicos comenzaron á subir la escala de sus descubrimientos produciendo cuerpos simples, y cada peldaño que ascendían representaba uno más complejo. Predecían que sólo se necesitaban pocos años para llegar á la deseada meta, y en 1860 se profetizó sin reserva que el primer gran descubrimiento sería la formación de un trozo de protoplasma y, por tanto, la producción artificial de la vida; profecía cuyo cumplimiento hacían más probable los rápidos adelantos en la química orgánica.

Se comprende bien, que biólogos entusiastas se entregaran á la persecución del objeto que tan á su alcance se ofrecía: cuánto se interesarían en cualquier nuevo descubrimiento, y con cuánto interés procurarían encontrar los tipos más sen-

cillos de protoplasma, toda vez que esto sería un paso que les acercaría más á la primitiva substancia no diferenciada de la vida. Tan ardiente era el deseo de hallar el protoplasma puro no diferenciado, que condujo á uno de esos descubrimientos infundados que el tiempo demostró era imaginario. Cuando el protoplasma estaba en su apogeo y los biólogos buscaban algo más simple, se anunció el hallazgo más admirable. Al regresar de su viaje de exploración el buque inglés *Challenger*, se entregaron á los sabios para que los estudiaran los tesoros científicos que se habían coleccionado en la expedición. El ilustre profesor Huxley, que fué el primero en formular la teoría mecánica de la vida, asombró al mundo biológico manifestando que estas colecciones habían demostrado que en ciertos sitios del fondo del mar existía una masa difusa de *protoplasma vivo no diferenciado*, tan simple que no estaba dividido en células ni contenía núcleos. Era, en una palabra, el mismo protoplasma primitivo que los evolucionistas anhelaban para completar su serie de estructuras animales, y los biólogos para que sirviese de base á su teoría mecánica de la vida. No admitía duda que si esa masa existía en el fondo del mar, se había desarrollado allí por fuerzas puramente naturales. El hallazgo era sorprendente, porque parecía que por él se llegaba al punto de partida de la vida. Huxley dió á esa substancia el nombre de *Bathybius*, nombre que bien pronto se generalizó. Desde el principio se sospechó que el descubrimiento era puramente especulativo, y se combatió y negó. Al poco tiempo el descubridor tuvo el valor de declarar á la faz del mundo que se había engañado, y que el Bathybius, lejos de ser protoplasma no diferenciado, no era siquiera

un producto orgánico, sino simplemente un depósito mineral en el agua del mar preparado por medios artificiales. El *Bathybius* es una prueba más de las equivocaciones á que puede llevar una especulación precipitada, conduciendo á un hombre como Huxley á un error de observación que de seguro no habría cometido si no le hubiese dominado su teoría especulativa sobre la naturaleza del protoplasma.

Pero aunque se probó que el *Bathybius* era ilusorio, no se detuvo el progreso y desarrollo de la doctrina del protoplasma y se encontraron muchas formas simples de él, si bien ninguna tanto como la del hipotético Bathybius. La presencia universal de este cuerpo en las partes vivas de los animales y las plantas y sus manifiestas actividades, demostraron que era la única substancia animada, pudiendo compendiarse así el concepto biológico de la vida: Los organismos vivientes se componen de células que sólo son pequeñísimos fragmentos independientes de protoplasma. Pueden ó no contener núcleo, pero su esencia la constituye el protoplasma que es el único que posee las actividades fundamentales de la vida. Estos fragmentos se agrupan formando colonias que después son animales ó plantas. Las células se dividen entre sí el trabajo de la colonia, adoptando cada una la forma más adecuada á su labor especial. El ser orgánico es, por tanto, un agregado de células y sus actividades son la suma de las de sus células separadas, como las actividades de una ciudad son la suma de las de sus moradores. El protoplasma era la unidad, y ésta un compuesto simple ó una mezcla de compuestos á cuyas propiedades físicas combinadas se da el nombre de *vitalidad*.

5. **Decadencia del imperio del protoplasma.**—Apenas se concibió esta teoría química de la vida y aun antes de acumular hechos en su favor, se empezó á demostrar que era inverosímil y no podía aceptarse, sin modificación á lo menos. Los cimientos de la teoría química se basaban en que el protoplasma es un compuesto definido, si bien complejo. Algunos años de estudio hicieron ver lo incorrecto de tal aserto y sospechar que esa substancia era más complicada de lo que al principio se creyó. Vióse desde luego que no era homogénea, sino que contenía granos diminutos unidos á otros cuerpos de mayor tamaño. Aun cuando éstos se percibieron, se consideraron como accidentales ó secundarios y no se juzgó que constituían una objeción seria al concepto del protoplasma como compuesto químico definido. Empero, los ópticos mejoraron sus microscopios y los experimentadores sus métodos de observación, y con los nuevos microscopios y los métodos nuevos, aparecieron hará unos veinte años diversas revelaciones acerca del protoplasma. Su falta de homogeneidad se hizo más evidente, hasta que por último se descubrió el significativo hecho de que debía mirarse como una substancia química y muy compleja desde el punto de vista mecánico. Hoy se sabe que se compone de partes armónicamente adaptadas por manera tal, que forman un mecanismo extraordinariamente intrincado, y el microscopista de hoy reconoce que esta substancia debe considerares más como resultado del mecanismo que hace se forme el protoplasma, que como producto de su composición química. El protoplasma es una máquina y no un compuesto químico.

6. **Estructura del protoplasma.**—Los biólogos no han comprendido todavía bien la estructura

del protoplasma, pero conocen algunos hechos generales. Creen que se compone de dos substancias distintas y que hay en él un material algo sólido que generalmente lo penetra, y que se describe, ya como un tejido de mallas, ya como una masa de filamentos ó hilos y fibras, ya como una masa de espuma (Fig. 23, *a*). Es en extremo delicada, y visible sólo en circunstancias especiales y mediante muy buenos microscopios. No queda duda de que una substancia fina y delicada que puede afectar la forma de hilos, fibras ú otras, penetra al protoplasma cuando está vivo. Dentro de las mallas de este hilo ó red se encuentra un líquido muy claro y transparente á cuya presencia debe el protoplasma su líquido característico (Fig. 23, *b*). No se ha podido determinar la estructura de este líquido que, á juzgar por lo que de él se sabe, es homogéneo. Observando más aún se encuentran otras complejidades. Parece que en el material fibroso se nota siempre la presencia de cuerpos en extremo pequeños que han recibido varios nombres

FIG. 23.—Célula tal como se ve con los modernos microscopios. *a*, red protoplasmática; *b*, liquido en sus mallas; *c*, membrana nuclear; *d*, red nuclear; *e*, red de cromatina; *f*, nucleolo; *h*, centrosfero; *i*, vacío; *j*, cuerpos inertes.

y llamaremos *microsomos.* Algunas veces estas fibras se asemejan á sartas de cuentas, de tal manera que se hañ descrito como hileras de elementos diminutos. No tiene importancia de momento que estas fibras se consideren ó no como microsomos: lo que es seguro, que éstos existen en el protoplasma y están íntimamente relacionados con las fibras (Fig. 23, *a*).

CAPÍTULO V

EL NÚCLEO Y DIVISIÓN DE LA CÉLULA

1. **Presencia del núcleo.**—Si el protoplasma se presentó como una substancia nueva, resultado de los descubrimientos de estos últimos años, mucho más sorprendentes han sido los descubrimientos hechos respecto al núcleo reconocido por los primeros microscopistas, y que desde el principio de la doctrina celular se miraba frecuentemente como la parte más activa de la célula, relacionada especialmente con su reproducción. Sin embargo, la teoría del protoplasma subyugó de modo tal la inteligencia de los biólogos, que durante buen número de años el núcleo pasó desapercibido, á lo menos en lo concerniente á la naturaleza de la vida. Era un cuerpo cuya presencia en la célula no se explicaba y que no tenía conexión con las ideas generales relativas al protoplasma como base física de la vida. Los biólogos le concedían poca atención y hablaban de él como de un simple fragmento de protoplasma, más denso que el resto. La célula era una partícula ó un trozo de protoplasma con una parte más densa, quizá la más activa de todas.

Resultado de la exagerada creencia en la eficacia del protoplasma, el núcleo tuvo poca importancia relativa. Había células que tenían núcleos y otras que carecían de ellos, por lo que los microscopistas creyeron que no eran indispensables para constituirlas. Un naturalista alemán observó entre los animales inferiores un grupo en el que sus células no tenían núcleo y que denominó *monera*. El adelanto en el estudio de las células enseñó á los microscopistas á distinguir la presencia del núcleo, y poco á poco se fué encontrando éste en células en que no se había percibido. Examinando unos después de otros los animales y plantas en que se decía faltaba el núcleo, se halló en todos ellos, hasta que se llegó á la conclusión de que es parte fundamental de la célula activa. Acaso las células viejas que han perdido su actividad no lo posean; pero todas las activas lo poseen y sin él ninguna puede desplegar su actividad. Unas tienen varios núcleos y en otras la substancia nuclear está esparcida en toda la célula en vez de formar una masa aislada. Sea como quiera, el núcleo es indispensable para la vida de la célula.

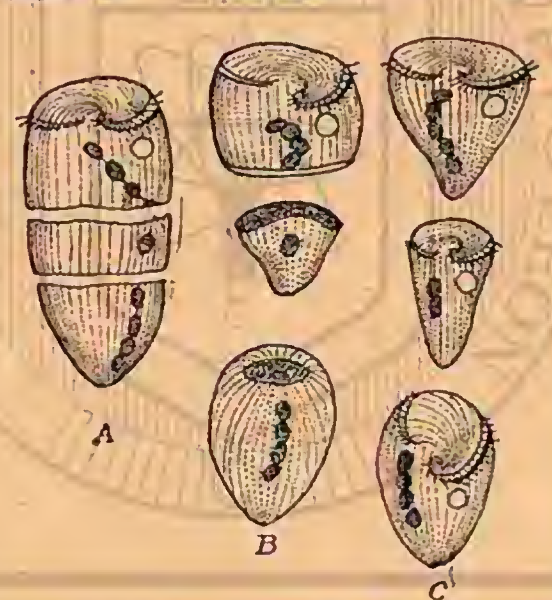


FIG. 24.—Célula cortada en tres fragmentos conteniendo cada uno un trozo de núcleo. Todas continúan su vida indefinidamente adquiriendo pronto la forma de la célula original como en *C*.

Más tarde se hizo el experimento de privar á las células de sus núcleos, lo que aumentó la importancia de éstos. Entre los animales unicelulares, hay unos lo bastante grandes para manipularlos directamente, y se vió que si sus células se fraccionaban, los diversos fragmentos se conducían de un modo muy diferente según contuvieran ó no un trozo de núcleo. Todos los fragmentos pueden conservar durante algún tiempo sus actividades vitales sosteniéndolas perfectamente los que encierran todo ó parte de la célula primitiva. En la Fig. 24 se representa una célula dividida en tres fracciones, cada una con un fragmento de núcleo. Todas llevan en sí actividades vitales, crecen, se alimentan y se multiplican persistiendo en ellas la vida cual si nada les hubiera sucedido. Lo contrario acontece con los fragmentos desprovistos de núcleo (Fig. 25). Estos fragmentos (1 y 3) aun cuando

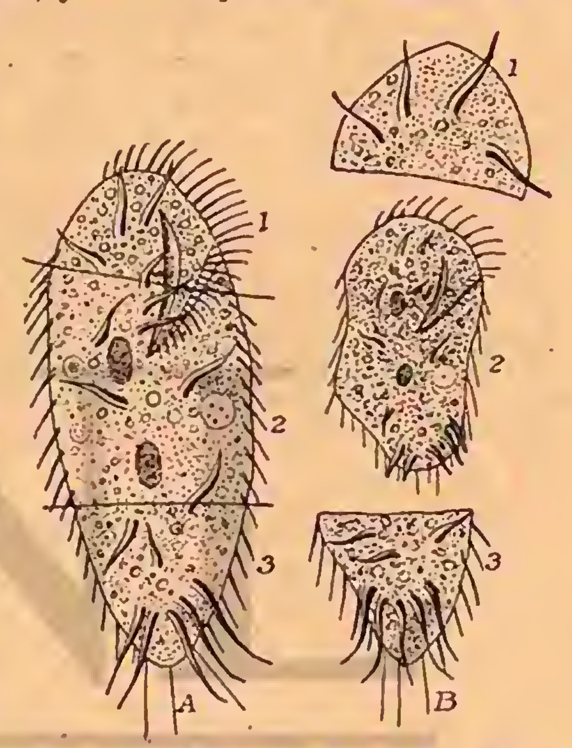


FIG. 25.—Célula cortada en tres piezas conteniendo núcleo sólo el No. 2. Este fragmento pronto adquiere la forma primitiva y continúa viviendo definitivamente, como se ve en *B*. Las otras dos piezas, aun cuando viven algún tiempo, mueren sin reproducirse.

masas comparativamente grandes de protoplasma, no pueden seguir desempeñando sus funciones vitales. Durante algún tiempo se mueven como los otros; pero no pudiendo asimilar alimentos ni reproducirse, mueren pronto. Estos hechos demuestran la vital importancia del núcleo en la actividad celular, así como que la célula debe considerarse cual una combinación del protoplasma y el núcleo, sin los que no puede existir. No es el protoplasma, sino la substancia celular y el núcleo los que constituyen la base más simple de la vida.

Estudiando más atentamente la célula y el protoplasma se adquirió la convicción de que había una marcadísima diferencia entre él y el núcleo. No es cierta la antigua afirmación de que el núcleo sea sólo un trozo de protoplasma denso: en su composición física y química, así como en sus actividades, difieren uno de otro. El núcleo contiene algunos cuerpos definidos que no se hallan en la substancia celular y posee una serie de actividades que no existen en el protoplasma que le rodea, siendo sus relaciones con la vida de la célula únicas y maravillosas. Estos hechos llevaron á un período en la discusión de los temas biológicos, que sin faltar á la propiedad, puede llamarse el *imperio del núcleo.* Veamos su estructura que tanto ha llamado la atención en los últimos años.

2. **Estructura del núcleo.**—El aspecto del núcleo en su principio es muy parecido al de la substancia celular. Como ésta, se compone de fibras que forman un retículo ó redecilla (Fig. 23), fibras que cual las del protoplasma, tienen microsomos en continua conexión con ellas y un líquido claro entre sus mallas. Las de la red son más estrechas que las de la substancia celular; pero su carácter

general es el mismo. Sin embargo, un estudio detenido del núcleo revela grandes diferencias: en primer lugar, lo separa de la substancia celular una membrana (Fig. 23, *c*) que generalmente persiste, si bien algunas veces desaparece al dividirse el núcleo. En su interior se ven comúnmente uno ó dos corpúsculos pequeños, los nucleolos, (Fig. 23, *f*) que son partes vitales distintas y que difieren de otros cuerpos sólidos, que no son más que material agregado y, por tanto, sin vida. Además, se observa que el retículo en su interior consta de dos partes: una idéntica á la redecilla de la substancia celular (Fig. 23, *d*) que forma una red delicada cuyas fibras tienen relaciones químicas semejantes á las de la substancia celular. Nótase en ocasiones que estas fibras pasan directamente á las de las mallas de la substancia celular, y de aquí que sean idénticas probablemente. Esta materia se llama *linín*. Existe también en el núcleo otro material que forma hilos, mallas ó una masa de gránulos que difiere mucho del linín y cuyas propiedades son muy diversas. Esta red absorbe con mucha actividad ciertos colores, apareciendo, por tanto, coloreada cuando se ve en el estado en que los microscopistas preparan comúnmente sus ejemplares. Por esta razón se ha denominado cromatina (Fig. 23, *e*) recibiendo después varios nombres. Es la más notable de todas las partes de la célula y ofrece mucha variedad en las diversas clases de ella; mas siempre con propiedades fisiológicas peculiares. Considerándola bien, la cromatina es quizá el cuerpo más importante relacionado con la vida orgánica.

Los núcleos de todos los animales y plantas manifiestan los caracteres ya descritos. Contienen un líquido, mallas de linín é hilos ó mallas de

cromatina; pero son tan distintos en sus detalles, que su variedad es innumerable (Fig. 26). Se distinguen primero en su tamaño con relación al de la célula: algunas veces, especialmente en las células jóvenes, el núcleo es muy grande, y otras es muy pequeño. En las que han perdido su vitalidad desaparece total ó parcialmente. En segundo lugar, difieren en su forma: la típica es esférica ó casi esférica, pero puede hacerse irregular ó prolongada. Unas veces se presentan en masas largas

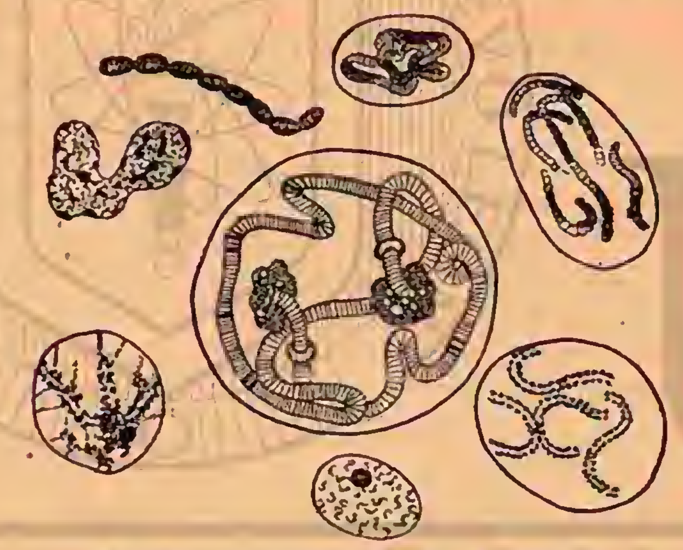


FIG. 26.—Diferentes formas de núcleos.

como una sarta de cuentas (Fig. 24), ó semejantes á gusanillos enroscados (Fig. 21) y otras se subdividen como las ramillas de un árbol. Las formas de la cromatina son muy variadas: ya aparece como un mero retículo, ya como un hilo corto enrollado en ocasiones (Fig. 26), mientras que en otras células el hilo es sumamente largo, muy torcido y entrelazado, y enredado por modo tal que afecta la forma de un diminuto tejido de mallas. Asimismo difieren los núcleos en su número de

nucleolos y en otros caracteres menos importantes. La Fig. 26 da una ligera idea de las diversas clases de núcleos, cuya estructura esencial tiene mucha analogía á pesar de esta variedad en las formas.

3. **Centrosomo.**—Antes de tratar de las actividades del núcleo preciso es decir algo de una tercera parte de la célula que en estos últimos años se ha encontrado en gran número de ellas y que ha recibido el nombre de *centrosomo* (Fig. 23, *g*). Está en la substancia celular fuera del núcleo, y ofrece comúnmente el aspecto de un punto redondo muy pequeño, tanto que no se ha podido descubrir en él estructura interna. No es mayor que los granos diminutos de microsomo, y hasta hace poco tiempo había escapado á la observación de los microscopistas. Hoy se ha demostrado que es una parte activa de la célula muy diferente de los microsomos comunes. Se colora de una manera distinta y parece en conexión íntima con el centro de la vida celular figurando á la cabeza de las actividades que caracterizan á éstas. De él emanan las fuerzas que rigen esta actividad, por lo que se le llama algunas veces *el centro dinámico de la célula.* Esto lleva al estudio de la actividad celular que nos revela los fenómenos más extraordinarios que se han ofrecido á la ciencia.

4. **Función del núcleo.**—Para comprender por qué el núcleo ha llegado á tan prominente lugar en la moderna biología, bastará hacer notar algunas de las actividades de la célula. De las cuatro propiedades fundamentales de la vida de ésta, la más estudiada es la relativa á la reproducción, que debe considerarse desde dos aspectos: el de la *división celular* y el de la *fertilización del óvulo.* En todos los seres orgánicos empieza la vida por una

célula simple, y su crecimiento en el adulto es debido á la división de la célula primitiva en fracciones, acompañada de una diferenciación de esas fracciones. El fenómeno fundamental de la reproducción y el crecimiento es la división celular, y si podemos comprender este proceso en las células simples, habremos dado un gran paso hacia la explicación del mecanismo de la vida. En los últimos años del siglo XIX se ha estudiado perfectamente esta división y se ha llegado á conocer bien en cuanto se refiere á sus caracteres microscópicos. La siguiente descripción hará comprender los hechos generales de esta división y podrá aplicarse á todos los casos, aunque difieran no poco en sus detalles.

5. **División celular ó caryoquinesis.**—Empezaremos por una célula en lo que se llama estado de reposo (Fig. 23). Tiene un núcleo, con su cromatina, su linín y su membrana: fuera del núcleo está el centrosomo ó, lo que es más común, hay dos centrosomos muy unidos. Si hubiere uno solo pronto se divide en dos; y si desde luego hubiere dos se debe á que el único que la célula poseía primitivamente se ha dividido. Esta célula es, por tanto, igual á la ya descrita, excepto en que posee dos centrosomos. Las fibras de cromatina son las que primero indican la división de la célula. En el período de reposo, la cromatina puede tener la forma de un hilo ó la de una red de fibras (Fig. 27). Sea cualquiera su forma durante ese período, toma la de un hilo tan luego como la célula se dispone á dividirse, hilo que se fracciona casi inmediatamente en cierto número de piezas llamadas cromosomos (Fig. 28). Es un hecho muy importante que el número de estos cromosomos en las células ordinarias de cualquier animal

ó planta, es siempre el mismo. En todas las células del reino orgánico la cromatina se rompe en el núcleo, en el momento en que se preparan á dividirse, en el mismo número de hilos cortos que es siempre igual en los animales de la misma especie.

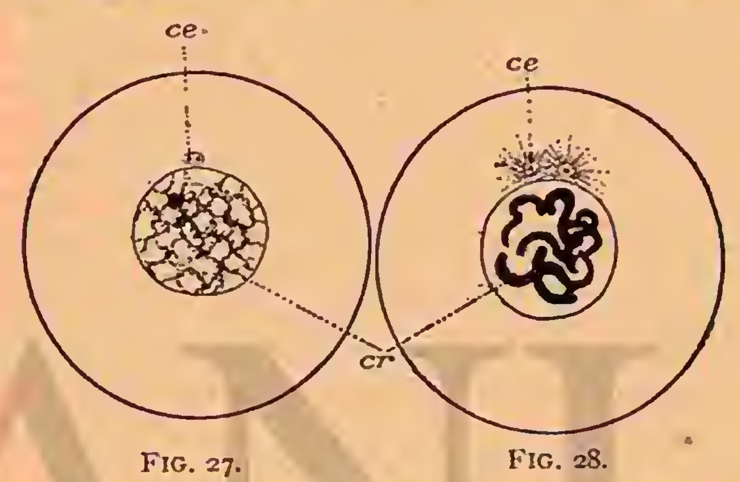


FIG. 27.—Esta figura y la siguiente demuestran períodos en la división celular. La 27 representa el período de reposo con la cromatina, *cr*, en la forma de una redecilla dentro de la membrana nuclear y el centrosomo, *ce*, dividido en dos.
FIG. 28.—La cromatina rota dentro de los hilos ó cromosomos, *cr*. El centrosomo manifiesta fibras radiantes.

Por ejemplo, en el buey, los fragmentos son diez y seis mientras que en el lirio son veinte y cuatro. Durante este proceso de formación de los cromosomos desaparece el nucleolo absorbido aparentemente, unas veces en los cromosomos, otras en el interior de las células. Ignórase aún si ésto tiene alguna influencia en los cambios futuros.

El fenómeno que sigue en el proceso de división ocurre en los centrosomos. Cada uno de ellos envía delicadas fibras radiantes á la substancia celular que les rodea (Fig. 28). No está averiguado si éstas nacen realmente del centrosomo ó si son sólo una disposición nueva de la

substancia celular; pero ello es, que el centrosomo se rodea de una estrella ó más comúnmente de una estrella doble, puesto que se unen dos centrosomos (Fig. 28). Estas fibras radiantes, nazcan ó no de los centrosomos, tienen todas su centro en estos cuerpos, lo que indica que los centrosomos poseen las fuerzas que regulan su aparición. Entre las dos estrellas hay un juego de fibras que van de una á otra (Fig. 29). Ambas y los centrosomos que están en su interior se han considerado como el centro dinámico de la célula, porque al parecer rigen las fuerzas que dan origen á la división celular. En todos los cambios consecutivos, estas estrellas figuran siempre á la cabeza y con sus centrosomos se alejan una de otra en conexión

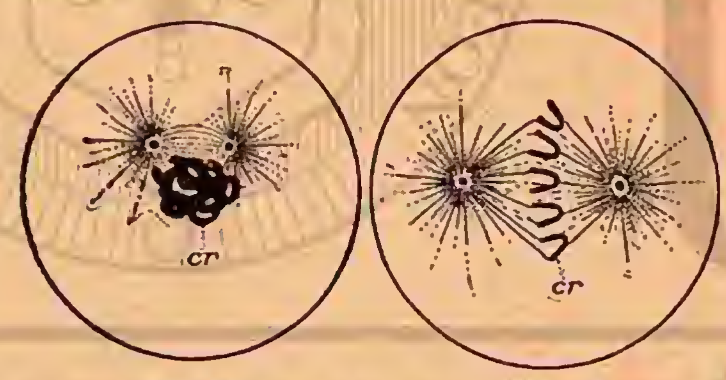


FIG. 29. FIG. 30.

FIG. 29.—Centrosomos separados, pero en conexión por medio de fibras.

FIG. 30.—Los centrosomos están separados y el plano ecuatorial de cromosomos, *cr*, está entre ellos.

siempre por las fibras fusiformes, hasta que se adhieren al fin á los lados opuestos del núcleo (Figs. 29, 30), rodeadas todavía por las fibras radiantes y conectadas por las fusiformes. En ese intervalo ha desaparecido la membrana que rodea el núcleo, y de esta manera las fibras fu-

siformes penetran en la substancia nuclear (Fig. 30).

Entretanto, los cromosomos han cambiado de posición. No se sabe si este cambio es debido á sus propias fuerzas, si son movidos pasivamente por otras que residen en la substancia celular, ó si, lo que es más probable, son empujados por las fibras fusiformes al penetrar en el núcleo, lo que no ofrece importancia de momento. El resultado es que las estrellas han ocupado su posición en los polos opuestos del núcleo y los cromosomos se han colocado en un plano que pasa á través del núcleo á igual distancia de cada estrella, probablemente empujados ó atraídos por fuerzas que emanan de los centrosomos. La Fig. 30 demuestra esta disposición central de los cromosomos formando lo que se llama el *plano ecuatorial*.

El período subsiguiente es el más importante de todos, y consiste en que cada cromosomo se divide en dos mitades iguales. Los hilos *no se dividen por su parte media, sino que se hienden en sentido longitudinal*, por manera que se forman dos mitades perfectamente idénticas. Así se duplica el número primitivo de cromosomos siempre pareados. El período en que se verifica esta división no es el mismo en todas las células. Puede ocurrir, como ya se ha dicho, cuando las estrellas han llegado á los polos opuestos del núcleo y se ha formado un plano ecuatorial. Sin embargo, no deja de ser frecuente que se realice mucho antes, estando ya los cromosomos divididos cuando van á dicho plano.

La importancia de la división de los cromosomos es muy digna de tomarse en consideración. Pronto se expondrán razones en apoyo de que los cromosomos contienen todos los caracteres heredi-

tarios que las células transmiten de generación en generación, y ciertamente los cromosomos del óvulo poseen todos los que el padre transmite á sus descendientes. Ahora bien: si el hilo de cromatina consiste en una serie de unidades cada una de las cuales representa ciertos caracteres hereditarios, claro es que la división del hilo dará origen á una doble serie de hilos iguales todos. Si se verificara á través del hilo, las dos partes serían desiguales; pero haciéndose en sentido longitudinal, esta unidad se divide en el hilo exactamente por la mitad, resultando medio hilo que contiene el mismo número de unidades similares que el otro medio é igual al que poseía el microsomo primitivo. Estas divisiones duplican la cifra de cromosomos sin ocasionar diferenciación en el material.

Otro hecho de la división celular consiste en la separación de las dos mitades de los cromoso-

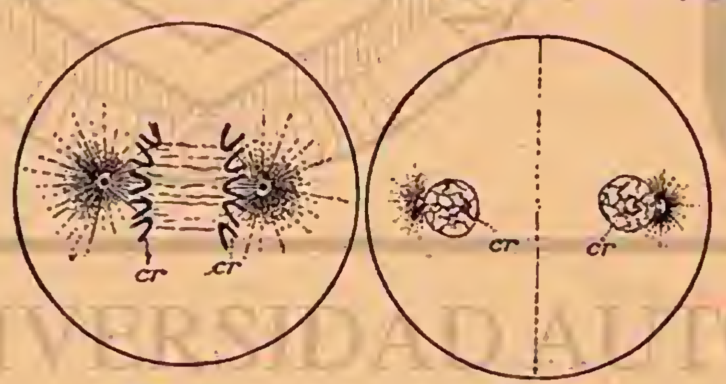


FIG. 31. FIG. 32.

FIG. 31.—Las dos mitades del cromosomo separadas una de otra.
FIG. 32.—Período final con dos núcleos en el que los cromosomos han tomado la forma de una red. Los centrosomos se han dividido previamente para la próxima división, y la célula comienza á dividirse.

mos. Cada una se separa de su compañera y se dirige al lado opuesto del núcleo hacia los dos extremos (Fig. 31). No se sabe con certeza si

son atraídos ó impulsados separadamente por las fibras fusiformes, si bien parece seguro que ellas son las encargadas de esta tarea. Lo que sucede es, que una fuerza desplegada por los centrosomos obra sobre los cromosomos y obliga á las dos mitades de cada uno á alojarse en los extremos opuestos del núcleo donde se reúnen y forman dos *nuevos núcleos* con el mismo número de cromosomos que el primitivo y con caracteres idénticos á él.

El resto de la división celular sigue efectuándose con rapidez. Se va formando una separación á través del cuerpo de la célula que la divide en dos partes (Fig. 32) pasando la división por la mitad del huso. En esta división, en algunos casos á lo menos, toman parte las fibras fusiformes, lo que demuestra una vez más la importancia de los centrosomos y las fuerzas que de ellos emanan. Los cromosomos se unen entonces en cada núcleo hijo para formar un solo hilo ó se difunden á través del núcleo formando un tejido de mallas (Fig. 32). Rodéanse después de una membrana, ofreciendo el nuevo núcleo exactamente igual aspecto que el primitivo. Las fibras fusiformes desaparecen y las estrelladas pueden ó no desaparecer. También deja de verse el centrosomo en algunos casos, pero es lo más común que permanezca junto á los núcleos hijos ó que vaya al interior del núcleo. Por último se divide en dos, lo que se realiza inmediatamente unas veces, otras cuando comienza la primera división de la célula. El resultado manifiesta dos células cada una con un núcleo y dos centrosomos, que es precisamente la estructura con que dió principio el proceso de división.

Considerado éste en totalidad puede resumirse

en los siguientes términos: El objeto esencial del complicadísimo fenómeno de la división consiste en dividir la cromatina en dos mitades equivalentes, por manera tal, que las células que resulten de la división contengan una cantidad exactamente igual de cromatina. Para ese objeto los elementos cromáticos se reúnen en hilos y se abren longitudinalmente, y el centrosomo con sus fibras efectúa la separación de ambas mitades. Debe concluirse, por tanto, que la cromatina es un factor de gran importancia en la célula, y el centrosomo parte de un mecanismo que dirige su división y regula la de la célula.

6. **Fertilización del óvulo.**—Esta descripción de la división de la célula dará alguna idea de la complexidad de la vida celular; pero es aún más admirable la serie de cambios que se realizan ínterin se está preparando el óvulo para su desarrollo. Toda vez que este proceso ha de ilustrar más la naturaleza de la célula y de aclarar el problema fundamental de la herencia, preciso es dedicarle algunas líneas.

La reproducción sexual de los animales multicelulares es igual siempre. Una sola de las células se separa para servir de núcleo á la próxima generación, y después comienza á dividirse (Fig. 8), produciendo el nuevo individuo las muchas células que de ella nacen. Esta célula reproductora es el óvulo. Pero antes que empiece la división se realiza un proceso llamado *fertilización*, cuya misión esencial es unir una célula con otra, generalmente de individuos de diverso sexo. He aquí los caracteres esenciales de este fenómeno, sujetos á detalles muy varios:

La célula reproductora hembra es á la que se da el nombre de óvulo y la que se divide para

formar la nueva generación. Como las demás (Fig. 33), tiene pared celular, substancia celular con su linín y partes flúidas, un núcleo rodeado por una membrana y que encierra un retículo, substancia cromática y, por último, un centrosomo. Como se ve, este óvulo es una célula completa, pero no está en disposición de comenzar el proceso que ha de dar origen á un nuevo individuo hasta que no se una con otra célula distinta y procedente casi siempre de un individuo de diferente sexo, la que se llama célula macho. Cuando se desprende el óvulo de la hembra, no se halla todavía en condiciones de unirse á la célula macho, sino que ha de atravesar antes por una serie de cambios muy notables que constituyen la *maduración del óvulo*, fenómeno tan íntimamente relacionado con cuanto se refiere á la célula que debe describirse detalladamente. Los procesos varían en sus detalles según los diversos animales, pero todos concurren en los puntos fundamentales, como se ve por la siguiente descripción:

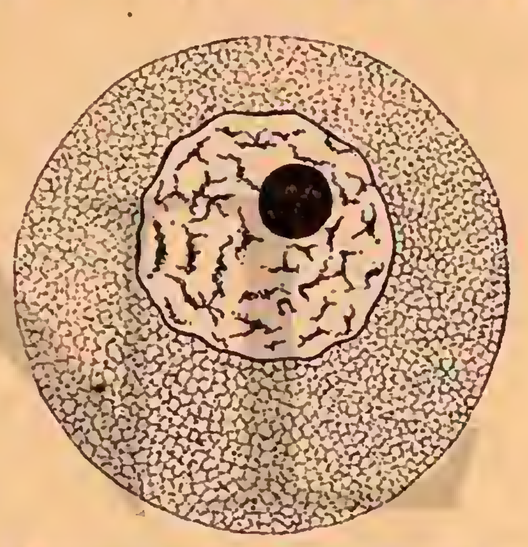


FIG. 33.—Óvulo que muestra la substancia celular y el núcleo, conteniendo este último gran número de cromosomos y un nucleolo.

En la célula del animal á que se refiere esta descripción hay cuatro cromosomos, excepto en las sexuales. Los óvulos provienen de otras célu-

las del cuerpo; mas durante su desarrollo, la cromatina se divide de tal modo que los óvulos contienen doble número de cromosomos, esto es, ocho (Fig. 34). Si este óvulo se uniese con la célula reproductora del macho, el óvulo fertilizado que resultara contendría muchos más cromosomos de los normales. Como consecuencia de esto, la generación nueva contaría con más cromosomos que la que le precedió, puesto que el óvulo, al dividirse, produce como todas las demás células otras nuevas con la misma cifra de cromosomos que la madre. Por tanto, si el número de cromosomos ha de ser igual que en la anterior, esta célula debe desprenderse de una parte de su cromatina, lo que se efectúa por el procedimiento

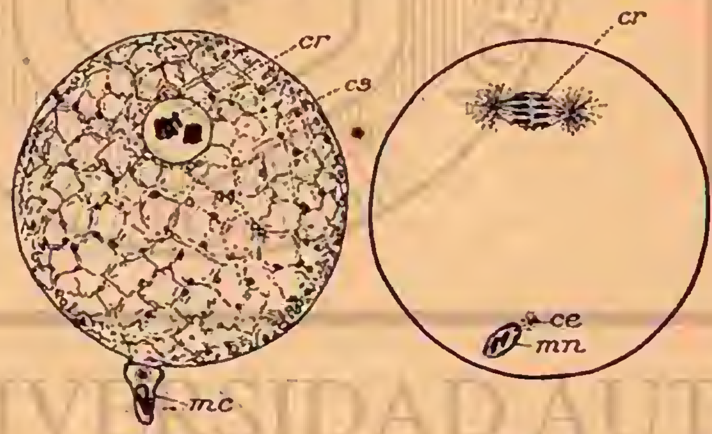


FIG. 34. FIG. 35.

FIG. 34.—Este grabado y el 35 representan el proceso de la fertilización del óvulo. En ambos, *cr*, es el cromosomo; *cs*, la substancia celular (que se omite en estos grabados); *mc*, es la célula reproductora macho después de entrar en el óvulo.

FIG. 35.—Centrosomo del óvulo dividido, habiendo entrado la célula macho con su centrosomo en el óvulo.

mostrado en la Fig. 35. El centrosomo se divide como en la célula ordinaria y, después de haber girado sobre su eje, se aproxima á la superficie

del óvulo (Figs. 36 y 37). Entonces se divide éste (Fig. 38), pero de una manera especial. Aunque el cromosomo lo hace en dos partes

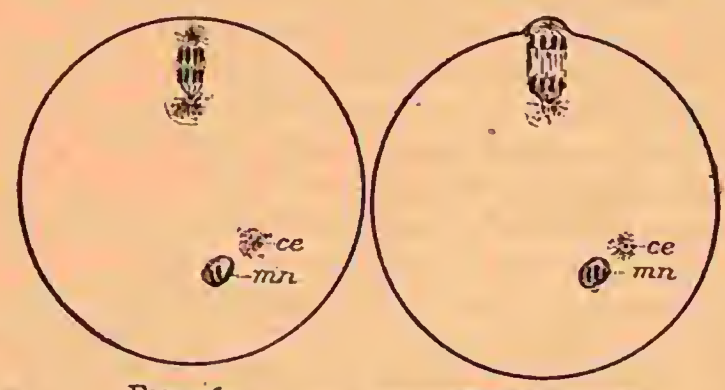


FIG. 36. FIG. 37.

FIG. 36.—Los centrosomos del óvulo han cambiado su posición. La célula macho con su centrosomo permanece inactiva hasta el período que se representa en la Fig. 42.

FIG. 37.—Principio de la primera división para la separación de los cromosomos superfluos.

iguales, el óvulo lo hace en dos desiguales, una que conserva su aspecto, y la otra en forma de una protuberancia pequeña llamada *célula polar* (Fig. 38, *pc'*). Los cromosomos no se hienden como en la división celular ya descrita, sino que el óvulo y el cuerpo polar reciben cuatro cromosomos de cada una de estas células (Fig. 38). El resultado es que el óvulo tiene ya el número normal de cromosomos para las células ordinarias del nuevo animal. Pero todavía son demasiados, toda vez que el óvulo se une pronto á la célula macho, y ésta, como se verá, lleva también sus cromosomos, por lo que el óvulo ha de desprenderse aún de más cromatina. Por tanto, á la primera división sigue una segunda (Fig. 39), en la que se produce una célula grande y otra pequeña. Esta división, como la primera, se efectúa sin nin-

guna hendedura de los cromosomos, siendo rechazados la mitad de éstos en la nueva célula, *pc''*, y dejando la célula mayor (el óvulo) justamente con la mitad de cromosomos normales para las células del nuevo animal. Entretanto, la primera célula polar se ha dividido también, por manera que resultan cuatro células (Fig. 40), tres pequeñas y una grande, conteniendo cada una la mitad de los cromosomos normales. En el animal que está sirviendo de ejemplo, el número total de células es de cuatro. Al comenzar el proceso el óvulo contenía ocho, que han quedado reducidos

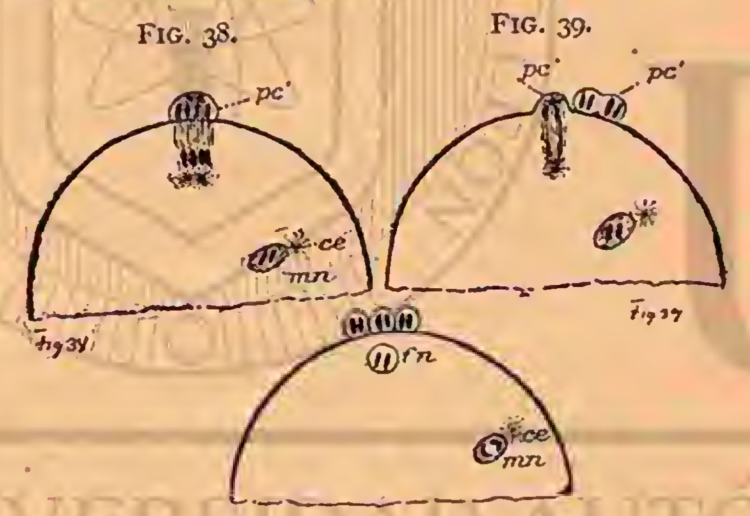


FIG. 40.

FIG. 38.—Primera división completa y primera célula polar formada, *pc'*.

FIG. 39.—Formación de la segunda célula polar, *pc''*.

FIG. 40.—Fin del proceso de expulsión de la cromatina; *rn*, los dos cromosomos retenidos en el óvulo formando el pronúcleo hembra. El centrosomo ha desaparecido.

á dos. Las células pequeñas ó polares no toman ya participación en el desarrollo del óvulo, desapareciendo pronto, porque no tienen ya nada que hacer en el desenvolvimiento del animal que re-

sulte. La formación de las células polares no es más que un medio para eliminar cromatina de la célula hembra, de modo que pueda unirse á una nueva célula sin duplicar el total de cromosomos.

Con anterioridad á este proceso, el *espermatozoario*, ó célula macho reproductora, ha estado sometido á otro muy semejante. Este espermatozoario es también una verdadera célula (Fig. 34, *mc*), aunque menor que la hembra ú óvulo, y de diferente forma. Contiene substancia celular, núcleo con cromosomos y un centrosomo, siendo los cromosomos, como más adelante se verá, la mitad menos de los que tienen las células de los animales. El estudio del desarrollo del espermatozoario enseña que procede de células que contenían cuatro cromosomos y que este número se ha reducido á la mitad por un proceso equivalente al descrito en el óvulo. Así es como cada uno de los elementos animales no tiene más que la mitad de los cromosomos.

Estas células reproductoras se ponen en contacto unas con otras por medios mecánicos (Fig. 34), y, tan luego se aproximan, el macho hunde su cabeza en el cuerpo del óvulo. La cola, por la que el espermatozoario se movía, desaparece, y la cabeza que contenía los microsomos y el centrosomo, penetra en el óvulo formando lo que se llama el *pronúcleo macho* (Figs. 35 y 36, *mn*), lo que se verifica antes ó después de la formación de las células polares. Si se efectúa antes, el pronúcleo macho permanece inmóvil mientras que las células polares son impulsadas hacia fuera, y terminado este proceso comienza de nuevo á dar signos de actividad que tienen por resultado la unión celular.

Parece que los pasos subsigüientes en este proceso están dirigidos por el centrosomo, por más

que no se esté muy seguro acerca de la procedencia de éste. Ya se ha dicho que el óvulo contenía en su origen un centrosomo y la célula madre llevaba un segundo á la hembra (Fig. 35, *ce*). En algunos casos, y es lo que acontece en el que se está describiendo, el centrosomo hembra desaparece, mientras que el del espermatozoario queda solo para regir todas las actividades (Fig. 41).

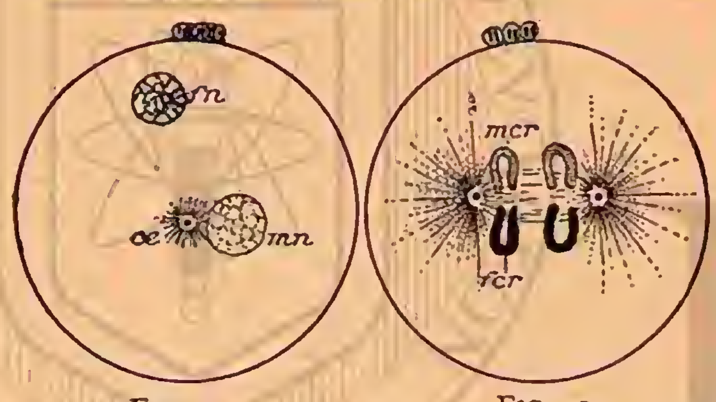


FIG. 41. FIG. 42.

FIG. 41.—Los cromosomos macho y hembra se han transformado en el interior de una red. El centrosomo macho empieza á dar signos de actividad.

FIG. 42.—Los centrosomos se han dividido y los dos pronúcleos se han unido. La red en cada núcleo se ha transformado á su vez en dos cromosomos que se han unido cerca del centro del óvulo, pero no se han fundido; *mcr*, representan los cromosomos del núcleo macho; *fcr*, los cromosomos del núcleo hembra.

Es muy posible que esto suceda en todos los óvulos, mas no es seguro. Interesa investigarlo, porque si fuera así, se deduciría que el mecanismo de la división celular en el caso de reproducción sexual se deriva del padre, aunque la mayor parte de la célula procede de la madre, siendo producidos los cromosomos por ambos.

Estudiado más detenidamente el proceso, se observan los siguientes cambios posteriores. Después que ha penetrado en el óvulo la cabeza del

espermatozoario, permanece inmóvil hasta que ha arrojado sus células polares, eliminando así parte de sus cromosomos (Fig. 35, *ce*) los que están unidos al espermatozoario, formando así el pronúcleo macho (Figs. 35-40, *mn*). La cromatina, lo mismo en el pronúcleo macho que en el hembra, se fracciona pronto dentro de una red, en la que ya no se puede distinguir si tiene dos cromosomos (Fig. 41). Entonces es cuando el centrosomo que está al lado del pronúcleo macho, da señales de actividad. Se rodea de rayos estrellados (Fig. 41, *ce*) y empieza á dirigirse hacia el pronúcleo hembra arrastrando aparentemente al macho, hasta que se unen los dos núcleos. Entretanto la cromatina se ha fraccionado otra vez en hilos cortos ó cromosomos, viéndose de nuevo que cada uno de estos cuerpos (Fig. 42) tiene dos núcleos. En los siguientes grabados, los cromosomos del macho están ligeramente sombreados y los del núcleo hembra son negros, lo que permite distinguir unos de otros. Una vez completamente unidos los núcleos, sus membranas desaparecen, la cromatina queda libre en el óvulo, y los cromosomos macho y hembra uno al lado del otro, pero distintos, constituyendo el *óvulo segmentado.* En este estado, el óvulo vuelve á contener el número normal de cromosomos para las células del animal, procedentes por partes iguales de los padres. Llama la atención ver que más adelante los cromosomos no se funden uno en otro en este *óvulo fertilizado*, sino que quedan perfectamente separados, por manera que se puede ver que el nuevo núcleo contiene cromosomos derivados de dos sexos distintos (Fig. 42). Tampoco parece que haya en el desarrollo posterior del óvulo ninguna fusión real del material cromá-

tico, permaneciendo quizá siempre distintos los cromosomos macho y hembra.

Ínterin se ha estado verificando esta mezcla de cromosomos, el centrosomo se ha dividido en dos partes, cada una de las cuales se rodea de una estrella y se dirige á los extremos opuestos del núcleo (Fig. 42). Sigue después una división del núcleo exactamente igual á la de la célula normal (Figs. 28–34). Los dos cromosomos se hienden longitudinalmente (Fig. 43), y la mitad de cada

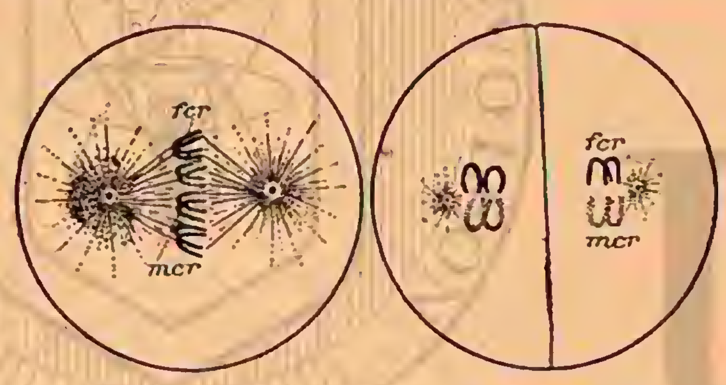


FIG. 43. FIG. 44.

FIG. 43.—Plano ecuatorial formado por la división de cada uno de los cromosomos en dos mitades por división longitudinal.

FIG. 44.—Las mitades de los cromosomos separadas para formar dos núcleos cada uno con su cromosomo macho y hembra. El óvulo se ha dividido en dos células.

uno de ellos va á formar un nuevo núcleo (Fig. 44). Una vez hendidos así los cuatro cromosomos, cada uno de los dos núcleos hijos contendrá naturalmente cuatro cromosomos, dos derivados del padre y dos de la madre. Las divisiones del óvulo continúan rápidamente el proceso normal de la división celular hasta que de este óvulo proceden al acaso centenares de millares de células que se van arreglando ordenadamente en el adulto. Todas tendrán, por supuesto, cuatro cromosomos

y, lo que es más importante, la mitad procederá directamente del macho y la otra mitad de la hembra. Por tanto, hasta en la vida adulta las células del animal contendrán probablemente cromatina originada por descendencia directa de cada uno de los padres.

7. **Importancia de la fertilización.**—Muchas y muy valiosas son las conclusiones que se deducen del proceso de fertilización. Evidentemente los cromosomos son la parte de la célula que contiene los caracteres hereditarios transmitidos del padre al hijo, lo cual se deduce de que los cromosomos son la sola porción de la célula que en el óvulo fertilizado procede de ambos progenitores. El nuevo producto puede heredar de cada uno, y de aquí que los caracteres esenciales hereditarios deben asociarse con la parte de la célula que se deriva de ambos. Pero la substancia del óvulo procede sólo de la madre; el centrosomo, en algunos casos á lo menos, si no en todos, sólo procede del padre, mientras que los cromosomos se originan de los dos: luego esos caracteres generales hereditarios deben estar asociados con los cromosomos.

Sentado esto, puede comprenderse, siquiera sea en parte, el objeto de la fertilización. Como se verá, es preciso que el ser animado herede caracteres de más de un individuo, sin lo que no se producirían las numerosas variaciones que contribuyen á la formación de ese ser. Tal ha sido el objeto del proceso de la unión sexual de las células reproductoras: transmitir á la nueva célula cromatina procedente de los dos progenitores. Pero, si las dos células reproductoras se unieran inmediatamente, el número de cromosomos sería doble en cada una de las generaciones sucesivas, para evitar lo cual se eliminan las células polares,

disminuyendo así la cantidad de cromatina. La unión de los dos pronúcleos no tiene otro fin que el de producir un núcleo que contenga cromosomos y, por tanto, los caracteres hereditarios de cada padre, la subsecuente hendedura de estos cromosomos y la separación de las dos mitades en núcleos hijos, son una garantía de que todos los núcleos y todas las células del adulto poseerán caracteres hereditarios de ambos progenitores.

La célula de un animal consta de tres partes distintas, y activas: la substancia celular, los cromosomos y el centrosomo. De éstas, la celular parece transmitida por la madre, el centrosomo proviene con mucha frecuencia del padre y los cromosomos de ambos. Sin embargo, no está todavía demostrado que el centrosomo sea parte constante de la célula, pues en algunas no se encuentra y hay razones para creer que puede formarse fuera de las otras partes de ella. El núcleo desciende siempre directamente de otro de células preexistentes, por manera que hay una descendencia no interrumpida entre los núcleos de las células de un individuo y los de sus antecesores. Esta continuidad no existe en los centrosomos, porque mientras que en la fertilización el centrosomo se transmite del padre al hijo, se cree que pueda desaparecer en las células subsiguientes y haberse vuelto á desarrollar de otras partes. El único punto de la célula en que está demostrada la continuidad del padre al hijo es el núcleo y especialmente los cromosomos. Todos estos hechos prueban la importancia de dichos cromosomos y enseñan que deben mirarse como los que contienen los caracteres más importantes que constituyen la individualidad de la célula.

8. **¿Qué es el protoplasma?**—Los estudios microscópicos han suministrado datos bastantes para enseñar que el protoplasma ha revestido un aspecto enteramente nuevo. Los procesos más sencillos de la vida son tan admirables y envuelven la acción de un mecanismo tan complicado, que no se puede admitir ya la primitiva noción del protoplasma como base física de la vida. No hay vida sin asimilación, crecimiento y reproducción, y dados nuestros conocimientos, estas propiedades sólo se encuentran en esa combinación de cuerpos llamada célula. La vida, á lo menos, la vida de la célula, no es una propiedad del compuesto químico protoplasma, sino resultado de las actividades de su mecanismo. No se sabe qué acepción dar actualmente al término protoplasma. Tal como antes se empleaba, significaba los contenidos de la célula, y en el concepto de esa palabra se veía algo como un compuesto químico homogéneo uniforme en todos los tipos de la vida. Pero ya se sabe que la célula no contiene una sola substancia, sino un gran número de ellas, sólidas, gelatinosas y líquidas, cada una con su composición química. Nadie conoce el número de compuestos químicos que existen en el material antes llamado protoplasma: sábese, sí, que son muchos y que están combinados formando una estructura física. ¿Á cuál de estos cuerpos debe seguirse llamando protoplasma? ¿Cuál de ellos es en la actualidad la base física de la vida? La descripción hecha de la vida de la célula demuestra que ninguno de ellos es un material sobre el que los químicobiólogos pueden fundar una teoría química de la vida. Como se ha visto, esta teoría se funda en el concepto de que la primitiva substancia era un compuesto químico definido. Éste no

se ha descubierto, y las revelaciones del microscopio en estos últimos años han sido tales, que han hecho perder toda esperanza de descubrirlo. Parece imposible reducir la vida á una base más simple que la que ofrece esa combinación de cuerpos á que se daba el nombre de protoplasma, palabra que hoy se emplea con distinta acepción por diferentes autores. Unas veces se refiere á todos los contenidos de la célula, otras sólo á la substancia celular que está fuera del núcleo; en una palabra, no es éste el primitivo protoplasma.

Esta conclusión responde á una de las preguntas fundamentales. En el Capítulo primero se vió que las actividades generales de los seres orgánicos se reducían fácilmente á la acción de una máquina, con tal que se tuviesen los poderes vitales fundamentales que residen en las partes de ella. Entonces se preguntó si estas propiedades fundamentales eran las de un compuesto químico ó si se reducían á la acción de máquinas más pequeñas. La primera respuesta que los biólogos dieron á esta pregunta fué, que la asimilación, el crecimiento y la reproducción son propiedades simples de un compuesto químico; respuesta inexacta. Las actividades vitales no se manifiestan por compuestos químicos; sólo por la célula. Así es que se queda reducido el problema otra vez á comprender la acción de una máquina.

Bueno será detenerse aquí un momento para hacer notar que esta posición aumenta gravemente las dificultades para resolver el problema de la vida. Si se hubiera probado que la base física de ésta era un compuesto químico, el problema de su origen habría sido químico. En la Naturaleza existen fuerzas químicas que bastan

para explicar la formación de cualquier compuesto químico; y el problema hubiese sido sólo tener en cuenta ciertas circunstancias que hubieran producido una combinación química que diera nacimiento á esa base física de la vida. Pero ahora, que se ha encontrado que la substancia más sencilla de ella es una máquina, no se puede hallar en aquellas fuerzas causas suficientes para su formación. Las fuerzas y la afinidad química explicarán compuestos más ó menos complejos, pero no la formación de una máquina, que es resultado de fuerzas de naturaleza enteramente diversa. El hombre puede construir máquinas con compuestos químicos unidos por manera tal que su mecanismo produzca ciertos resultados: puede, por ejemplo, con trozos de hierro y acero hacer una locomotora; pero la acción de ésta depende, no de las fuerzas químicas que constituyen el acero, sino de la acción de las partes de la máquina unas con otras.

9. **Reacción contra la doctrina celular.**—Adquirido con mucha lentitud el conocimiento de las células, el concepto acerca de ellas había de pasar por diferentes modificaciones. Consideróse primero como la parte fundamental; pero esta idea cedió pronto su puesto á la de que el protoplasma era el que tenía vida. Con la influencia de tal idea, la doctrina celular se desarrolló del modo siguiente: la célula es simplemente un fragmento de protoplasma y la unidad de la materia viva. Los cuerpos de los animales superiores y plantas están formados por gran número de estas unidades celulares, y las actividades del organismo entero son la suma de las actividades de sus células. Á medida que se fueron descubriendo más hechos, esta teoría cambió lentamente. La

importancia del núcleo adquirió cada vez más influencia, y este cuerpo llegó á tener en poco tiempo tal preponderancia, que eclipsó al protoplasma. Las actividades admirables del núcleo pronto dieron margen á que se considerara como la parte más importante de la célula, mirándose las demás como secundarias. Entonces se pensó que la célula era un poco de materia nuclear rodeada de partes accesorias, y el ser esta materia la única que se transmite de generación en generación le dió mucho más valor.

Este fué el período de apogeo de la doctrina celular. La célula era la unidad de la acción viviente, y los animales y plantas superiores eran simplemente colonias de dichas unidades. Un animal no es más que una asociación de unidades independientes, como una ciudad es una asociación de ciudadanos independientes. La organización de los animales era sólo el resultado de esas unidades. Allí no había actividades del organismo como un todo, sino de sus partes independientes. La vida de la célula era superior á la vida organizada. Del propio modo que en una ciudad se da el nombre de municipio á la acción combinada de sus habitantes, los actos del organismo son solamente la acción combinada de sus células individuales. En los últimos años se levantó una reacción decidida contra estas ideas, habiéndose comprobado hoy que son insostenibles. Es indudable que la substancia celular no queda enteramente eclipsada por la importancia del núcleo. Que éste es un centro vital más valioso, es innegable; pero también lo es que ambos juntos son los que constituyen la substancia de la vida. La complicada estructura de la substancia celular y la resuelta actividad manifestada por sus fibras

en el proceso de división celular, indican que forma una fracción de la célula de la que no se debe prescindir en el estudio de la vida. El descubrimiento del centrosomo como elemento morfológico distinto, añadió mayor complexidad á la substancia de la vida y probó que ni esa substancia ni el núcleo podían considerarse como la célula ó como los constituyentes de la vida. Verdad es que no se conoce el origen de este centrosomo, ignorándose si se transmite de una á otra generación como el núcleo, ó si puede formarse de nuevo de la substancia celular en la vida de la célula ordinaria, lo que no obsta para que se le reconozca como órgano importante de la actividad celular. Así, la célula misma prueba que ella no es un fragmento de materia celular rodeado de partes secundarias, sino la reunión de muchos componentes relacionados entre sí y acaso de igual valor.

Otra serie de observaciones debilitaron esa doctrina en otro sentido. Se había supuesto que el cuerpo del animal ó la planta multicelular se componía de unidades independientes. Los microscopistas modernos empezaron á indicar que las células no están separadas en realidad unas de otras, sino conectadas por fibras protoplasmáticas. Se determinó que en gran número de tejidos diversos las fibras del protoplasma iban de una á otra parte por manera tal, que las células estaban en relación vital. Pretendíase que dicha conexión existía y que el ser orgánico, en vez de constar de muchas células independientes, lo constituía una gran masa de materia viva que se reunía por pequeños centros provistos de un núcleo. Ni esta conclusión está todavía demostrada, ni tiene la bastante importancia para probar un hecho; pero

es obvio que estas sugestiones modificaban decididamente el concepto de que el cuerpo vivo era un conjunto de células independientes.

Hay aún otro orden de ideas que alteran la teoría celular. Reina la creciente convicción de que no hace formar juicio exacto del organismo el considerarlo simplemente como la suma de las actividades de las células individuales. Según esta creencia, un ser vivo puede no tener organización hasta que aparezca como resultado de la multiplicación celular. Ciñéndose á un caso concreto, el óvulo del zoófito llamado *estrella de mar* puede no poseer la organización que le corresponde. El óvulo es una estrella sola y la estrella de mar es un conjunto de células; y de la misma manera que un habitante de los bosques no contiene en sí la organización de una gran ciudad, puede la célula no contener la organización de una estrella de mar. Los descendientes de aquel habitante pueden reunirse y constituir la ciudad, como los descendientes del óvulo pueden combinarse y dar origen á la estrella. Acaso nadie haya llevado á un punto tan extremado la doctrina celular; mas algunos de los que más han dirigido y sostenido esa teoría se han acercado mucho á este modo de mirar la cuestión, y sin duda se han inspirado en él para desarrollarla.

No podía sostenerse mucho tiempo esta teoría de la célula. No obstante de que el óvulo es una célula sola, no puede rechazarse la creencia de que de alguna manera contiene la estrella de mar. No quiere esto decir que lleve en sí la estructura de ese zoófito; pero sí se está obligado á deducir que en ella está encerrada potencialmente la estructura del animal. La relación entre sus partes y las fuerzas que en ella hay son tales, que colo-

cada en condiciones apropiadas se desenvuelve en una estrella de mar. Otro óvulo en idénticas circunstancias desarrollará un erizo ó una ostra. Si estos tres óvulos tienen el poder de desarrollarse en tres animales diferentes, es claro que en iguales circunstancias puede haber en ellos diferencias correspondientes, por más que cada óvulo no sea más que una célula. De uno ú otro modo, cada uno de ellos debe contener el adulto que le corresponda: en otros términos, la organización debe estar en el interior de las células y, por tanto, no se produce por asociaciones de ellas.

Acerca de este punto ha habido muchas perplejidades y se han hecho no pocos experimentos. La presencia de alguna organización en el óvulo es clara; pero el significado de este hecho no lo es tanto. ¿La organización del adulto existe en la totalidad del óvulo ó sólo en su núcleo y especialmente en los cromosomos que, como es sabido, encierran los caracteres hereditarios? ¿El desarrollo del óvulo es debido al desdoblamiento de alguna estructura ya existente, ó esa estructura está desarrollándose constantemente en condiciones más y más complicadas á causa de que sus componentes entran en nuevas relaciones? Para contestar á estas preguntas, los experimentadores han emprendido la tarea de fraccionar células en desarrollo para determinar las facultades de éstos fragmentos. Los resultados han sido hasta ahora contradictorios, pero arrojan la bastante luz para que se pueda considerar ya al óvulo como una célula simple no diferenciada. De algún modo contiene ya los caractères del adulto, y si se recuerda que estos caracteres que se han de desarrollar del óvulo están determinados aún en sus más mínimos detalles, como por ejemplo, la herencia de una

8

marca congénita, se hace patente que el óvulo es un cuerpo extraordinariamente complejo. Y, sin embargo, no es más que una célula sola que conviene en todos sus caracteres generales con las otras células. La organización debe mirarse, pues, como algo superior á la célula que existe dentro de ella misma ó, á lo menos, dentro del óvulo y que dirige su desarrollo. Preciso es convenir en que puede haber diferencias tan importantes entre dos células como las que hay entre dos plantas ó animales adultos. No puede menos de haber entre las dos células que constituyen el óvulo de la estrella de mar y el del hombre diferencias que corresponden á las que hay entre él y el zoófito. La organización es superior á la estructura celular y la célula misma es una organización de unidades más pequeñas.

Como consecuencia de estas consideraciones, se ha efectuado en estos últimos años una reacción contra la doctrina celular tal cual antes se concebía. Aunque el estudio de la célula se considera todavía como la clave para la interpretación de los fenómenos vitales, los biólogos ven más claro cada día que deben llevar sus investigaciones más allá de la simple estructura celular para explicar esos fenómenos: y á pesar de que este estudio ha esparcido mucha luz en las cuestiones relativas á la vida, ha resuelto poco del fondo del problema que existía antes de que empezara la serie de descubrimientos que inauguró la fórmula de la doctrina del protoplasma.

10. **Actividades fundamentales de la vida localizadas en las células.**—Ya se puede preguntar si los conocimientos adquiridos han ayudado á encontrar una explicación de los actos fundamentales de la vida, á los que se reducen los procesos vita-

les. La irritabilidad, la contractibilidad, la asimilación y la reproducción son propiedades que pertenecen á la célula, y en el origen de estas propiedades es donde se pretende hallar la base de la actividad vital.

Véase, ante todo, si hay algunos hechos que indiquen que algunas partes de la célula se relacionan con estas propiedades fundamentales. Lo primero que se ve es que el núcleo está íntimamente relacionado con el proceso de reproducción y más aun con el de herencia. Así se ha creído durante mucho tiempo, y hoy se ha demostrado palpablemente por experiencias hechas sobre fragmentos de células de animales unicelulares. Como queda dicho, los trozos que poseen un núcleo pueden continuar viviendo por sí mismos y reproducirse, al paso que los que carecen de él no pueden hacerlo. Comprueba aún más este hecho el proceso de fertilización del óvulo. Éste es muy grande y la célula reproductora macho muy pequeña, y la cantidad de material transmitido á la nueva célula por la madre es mayor que la derivada del padre. Pero el hijo hereda igualmente del padre y de la madre y, por tanto, los caracteres hereditarios se han de hallar en algún elemento legado á la nueva célula en partes iguales por ambos. Ya se ha dicho que el único elemento que llena este requisito es el núcleo y, muy especialmente, los cromosomos del núcleo. Débese, por tanto, considerar el núcleo como agente especial en la reproducción de la célula.

He aquí otra vez una evidencia concluyente, al parecer, de que el núcleo domina esa parte del proceso asimilativo de que se habló al tratar de los procesos constructivos. Los procesos metabólicos de la vida son á la vez constructores y

destructores: por los primeros, el material que entra en la célula en forma de alimento, se transforma en tejido celular, linín, microsomos, etc.: y por los segundos, se desmenuzan en fracciones mayores ó menores para poner en libertad su energía y producir las actividades de la célula. Si los destructores actuaran solos, el organismo continuaría manifestando su actividad hasta que se agotasen los productos almacenados en él para tal objeto, pero moriría por falta de material que destruir. La vida es incompleta sin ambos procesos. Ahora bien: en la existencia de la célula pueden atribuirse los procesos destructores á la substancia celular y los constructores al núcleo. En una célula fraccionada, las fracciones que carecen de núcleo continúan por cierto tiempo manifestando actividades vitales, mas no vive mucho (Fig. 25). El fragmento es incapaz de asimilar su alimento lo bastante para elaborar más material: ínterin retenga en su interior cantidad de tejido ya formado para su metabolismo destructor, sigue moviéndose activamente y conduciéndose como una célula completa, pero al fin muere por inanición. Por otra parte, los fragmentos que contienen un trozo de núcleo, aunque sólo conserven una pequeña parte de material celular, se alimentan, asimilan y crecen, esto es, continúan en ellos los cambios destructores así como los constructores. Esto significa que el núcleo preside los procesos constructores, pero no que la substancia celular no tome participación en dichos procesos. El núcleo es el que domina el metabolismo constructor, si bien no lo posee en totalidad.

Es igualmente claro que la substancia celular es el asiento de la mayor parte de los procesos

destructores que constituyen la acción vital. Esta substancia es irritable y contráctil. Los fragmentos celulares sin núcleo son bastante sencillos y pueden moverse tan fácilmente como las células normales. Además, las diversas fibras que rodean los centrosomos en la división celular y cuyas contracciones y dilataciones separan los cromosomos en dicha división, forman parte de la substancia celular. Estos son los resultados del metabolismo destructor, y debe deducirse, por tanto, que estos procesos destructores radican en la substancia celular.

El centrosomo es demasiado problemático todavía para hacer comentarios sobre él. Parece que es una parte del mecanismo para producir la división de la célula, pero no se sabe más á este respecto.

En suma, el cuerpo de la célula es una máquina para producir cambios químicos destructores y poner en libertad la energía que contienen los compuestos desmenuzados, que inmediatamente se convierte en calor, movimiento, etc. Sin embargo, esta destrucción química sólo es posible después que esos compuestos han hecho parte de la célula. Ésta posee un núcleo que la pone en condiciones de asimilarse su alimento, es decir, de que lo convierta en substancia propia. El núcleo contiene además una materia admirable, la cromatina, que ejerce en cierto modo una influencia dominadora en su vida y que se transmite de una á otra generación por descendencia continua. Por último, la célula tiene el centrosomo, que obra sobre la división celular por manera tal, que divide por igual esta cromatina entre los descendientes posteriores, haciendo que todas las células hijas sean iguales á la madre.

Por consiguiente, se debe considerar la célula como una pequeña máquina cuyas piezas se adaptan perfectamente y en cuyo interior se excita la actividad química. El combustible que le es suministrado se combina por las fuerzas químicas con el oxígeno del aire. La intensidad de esta oxidación depende de la temperatura, del alimento que ha de oxidarse y del oxígeno que suministre el aire, deteniéndose el mecanismo y *muriendo* la célula cuando cesa la provisión de combustible y de aire. La energía en libertad en esta máquina se transforma en movimiento, calor, etc. Es cierto que no se comprende lo bastante la construcción del mecanismo para explicar cómo se verifica esta transformación; pero no puede dudarse de la existencia del mecanismo, y la estructura de la célula es suficientemente compleja para que se pueda realizar dicha transformación. La irritabilidad de la célula se comprende fácilmente: está formada por compuestos químicos muy inestables y cualquiera estímulo ó alteración en una de sus partes tenderá á trastornar su estabilidad química y producir reacciones, que es lo que se entiende por irritabilidad.

Así, la célula debe considerarse como un pequeño laboratorio químico en el que ocurren los cambios antedichos, por más que no se comprendan. El resultado es que algunos compuestos se desmenuzan y que parte de los fragmentos quedan en libertad ó se segregan, mientras que otros permanecen y forman compuestos más complejos, los que se conservan en el cuerpo de la célula y crecen confusamente, hasta que ésta se hace lo bastante grande y se divide.

Si una máquina se rompe, cesa de llenar su cometido, y si la rotura llega á ciertos límites, queda

inútil. Lo propio acontece con la célula si se rompe, sea por causa mecánica, por la temperatura ó por otro motivo; deja de funcionar y muere. Contiene gran poder para reparar las averías ínterin son reparables; pero una vez que se detiene su actividad, no vuelve á recobrarla.

Además de las sencillas funciones que se acaban de mencionar, los seres vivientes realizan otras; pero aquéllas son las fundamentales, y si se pudiesen explicar bien, se llegaría á la apreciación de la esencia de la vida. Una vez entendido cómo la célula se mueve, crece y se reproduce por sí misma, se puede estar seguro de obtener la explicación de los otros fenómenos vitales como consecuencia natural. Comprendidos dichos fenómenos fundamentales, se habrá realizado el propósito de incluir los de la vida en las leyes químicas y mecánicas.

Pero, ¿se han sometido estos fenómenos fundamentales á una explicación inteligible? Preciso es confesar que no. Se les ha sometido á la acción de las fuerzas químicas funcionando en una máquina; pero la máquina misma es ininteligible. La célula no es más comprensible que el organismo en su totalidad. La explicación que se creía haber encontrado hace algunos años en el protoplasma, ha fracasado sin que la haya sucedido otra. Falta el concepto de lo que es la substancia primitiva de la vida. Todo lo que se puede decir es, que ella, el más maravilloso de los fenómenos naturales, sólo se produce en el interior de un mecanismo peculiar llamado célula y que es el resultado de la acción de las fuerzas físicas sobre ese mecanismo. Se dista hoy tanto como se distaba hace cincuenta años de comprender el modo de actuar ese mecanismo ni su estructura. La

solución del problema se halla aún más lejos de lo que se hallaba.

11. **Sumario.**—Ya se está en el caso de comprender la altura á que se ha llegado en este asunto. Cuanto á la explicación del organismo viviente como una máquina, se ha tenido éxito en los problemas secundarios. La respiración, la circulación, la digestión y los movimientos se han explicado fácilmente por los principios de química y de mecánica: aun los fenómenos del sistema nervioso son comprensibles hasta cierto punto por una fórmula mecánica, haciendo abstracción de los puramente mentales ó de la inteligencia, á los que no ha podido ni puede llegar la investigación puramente científica. Los fenómenos todos se reducen á actividades fundamentales manifestadas por partículas sencillas de materia viva, libre por el complicado mecanismo orgánico. Sin embargo, cuando se estudian estos fragmentos se ve que son algo más que simples trozos ó partículas de materia, siendo á la vez piezas de un mecanismo intrincado, cuya acción no hay ni esperanzas de llegar á comprender. La descripción sola de la actividad celular basta para demostrar que esas piezas dependen de su mecanismo propio, de la misma manera que no se puede dudar que estas propiedades fundamentales de la vida se explican como resultado de fuerzas químicas y mecánicas que obran por medio de este mecanismo. Pero, cómo sucede ésto, ó qué es lo que constituye la fuerza directiva é inteligente que corresponde al maquinista, eso no se sabe.

Por consiguiente, la explicación puramente mecánica del ser animado carece de base. Se puede entender algo de la construcción de su estructura exterior; mas, las piedras fundamentales

sobre las que ésta se basa, son ininteligibles, lo que hace que sólo en parte se comprenda el funcionamiento del organismo. Éste para seguir la comparación, es una máquina, ó mejor dicho, una serie de máquinas unas dentro de otras. El conjunto es una máquina, sus componentes son máquinas separadas, y cada uno de estos componentes consta de máquinas cada vez más pequeñas, hasta que llega á ser necesario el microscopio para poder apreciarlas. Aun las partes antes llamadas unidades son máquinas, y cuando se reconoce lo complejo de estas células y sus maravillosas actividades, se está autorizado á creer que se encontrarían todavía más máquinas en el interior de esas unidades. La actividad vital queda reducida, por tanto, á una complicada y múltiple serie de máquinas que obran armónicamente unas con otras produciendo el conjunto un resultado único: *la vida.*

SEGUNDA PARTE

LA FORMACIÓN DEL ORGANISMO ANIMADO

CAPÍTULO VI

FORMACIÓN DEL ORGANISMO

1. **Factores en la formación del organismo animado.**—Bosquejados ya los resultados del estudio concerniente al mecanismo del ser animado, hay que abordar el problema más difícil relativo al modo cómo se formó ese mecanismo. Del examen hecho se deduce que el problema es más mecánico que químico. Claro es que las fuerzas químicas existen en el fondo de la actividad vital, y que debe mirarse la afinidad química como el poder fundamental á que han de referirse los problemas. Pero es evidente que no basta una explicación química para el objeto, porque no hay razón para creer que los fenómenos vitales puedan ser resultado de las propiedades de ningún compuesto, por complejo que sea. La forma más simple de materia que da señales de vida es una máquina y, por tanto, el problema del origen de la vida debe buscarse en el origen de esa máquina. ¿Hay fuerzas en la Naturaleza de índole tal que se puedan emplear para la formación de las máquinas? Las plantas y los animales son las

únicas que la Naturaleza ha producido, los únicos ejemplares de una estructura cuyas partes están armoniosamente ajustadas para el logro de ciertos fines. Todas las otras máquinas han sido hechas por el hombre que ha utilizado su inteligencia para combinarlas. El ser orgánico es un mecanismo adaptado de una manera similar, pero formado por medios naturales más bien que artificiales. ¿Cómo se ha formado? ¿Posee la Naturaleza, independiente de la inteligencia humana, fuerzas que puedan dar esos resultados?

Para la solución del problema, parecía más sencillo investigar los organismos más simples y explicar después los más complicados. Quizá se deba á que los organismos más sencillos requieren para su estudio el uso del microscopio: quizá también á que realmente es más difícil el problema que el de explicar la formación de un mecanismo complicado. Sea lo que quiera, la última mitad del siglo XIX ha enseñado mucho acerca del modo de formarse los seres vivientes más compuestos de los menos compuestos, mientras que no hay ni la más insignificante idea respecto á la formación más simple del mundo inanimado. La investigación debe dirigirse, por tanto, al método seguido por la Naturaleza para formar los organismos complejos que pueblan el universo de animales y plantas.

2. **Historia de la formación de los seres organizados.**—Obsérvese, en primer lugar, que éstos no se han formado de repente ni siquiera con rapidez, sino que son producto de un desarrollo muy lento. La historia se refiere á un pasado remoto que no puede calcularse con precisión; pero que seguramente llega á algunos miles de siglos. Á juzgar por los conocimientos actuales, se ve que

cualesquiera que hayan sido las fuerzas que han intervenido en la formación de estos mecanismos, lo han hecho con mucha lentitud empleando centenares y acaso miles de años en las diversas edades de su formación. En segundo lugar, nótese que los seres animados se han formado paso á paso, añadiendo el curso del tiempo un rasgo á otro. Véase, en tercer lugar, que en un sentido, la formación del ser orgánico por los procedimientos de la Naturaleza ha sido distinta de los seguidos para la construcción de las máquinas artificiales, que consisten en arreglar sus componentes de modo que no pueden funcionar hasta que estén concluídas. Una máquina á medio acabar es casi tan inútil y tan impotente como un pedazo de hierro en bruto. Los métodos naturales son muy diferentes. Cada paso que se ha avanzado ha producido una máquina completa; tanto que, hasta donde es dado seguir este desarrollo, se ve que siempre ha estado dotada de movimiento y de actividad vital. El método de la Naturaleza ha sido siempre el de comenzar por los tipos más simples y transformarlos lentamente en otros más complicados, sin que los primitivos perdieran ni por un momento su actividad. Es como si la primera máquina de vapor de Watt se hubiese ido modificando poco á poco añadiéndole pieza tras pieza hasta que se hubiera formado la máquina moderna de cuádruple expansión, mas sin que la original hubiese cesado ni un solo instante de funcionar.

Esta formación gradual del organismo viviente ha recibido el nombre de *Evolución Orgánica ó Teoría de la Descendencia*. Para comprender el problema es necesario bosquejar el curso de esta evolución. El punto de partida en este caso debe

ser la célula, porque es la forma más primitiva y sencilla del ser viviente que se conoce. Considerada ya esta célula como un mecanismo, hay que retroceder á su origen. Sábese en la actualidad que está dotada de las propiedades fundamentales de la vida: es sensible, se alimenta, crece y se reproduce. El desenvolvimiento de este organismo simple provisto de las citadas propiedades, ha sido poco más ó menos el siguiente: La célula al reproducirse se dividía en dos mitades, independientes y separadas al principio. Pasado algún tiempo dejaban de separarse y se adherían (Fig. 45). Todas las células de esta aglomeración debían haber sido iguales en sus comienzos; pero poco después empezaron á ofrecer diferencias entre sí. Las exteriores se modificaban por el medio ambiente de diverso modo que las interiores, y pronto principiaban á repartirse las funciones de la vida. Las primeras estaban mejor situadas para apropiarse el alimento, y las segundas se encargaban de digerir las substancias que recibían de las exteriores. Cada uno de estos grupos desempeñaba bien su cometido puesto que no tenía otra ocupación, y el conjunto estaba mejor servido así que si cada célula hubiese tenido que atender á todas sus necesidades. Tal fué el primer paso en la formación de las células activas. Partiendo de esta base (Fig. 46), el desarrollo consecutivo se ha fundado siempre en el mismo principio. Las diferentes funciones de la vida estaban constantemente separadas en los grupos, y á medida que las células progresaban,

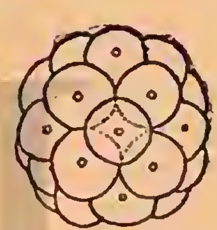


FIG. 45.—Grupo de células resultantes de la división representando el primer paso en la formación del ser orgánico.

la división del trabajo se hacía mayor cada vez. Grupo tras grupo se iba encargando de una misión especial, lo que daba por resultado una masa más y más complicada y mayor diferencia entre sí. No había un momento en esta formación del organismo en que éste no estuviera en actividad. En todas partes funcionaba; pero cada paso hacia su funcionamiento lo hacía más perfecto y, por tanto, aumentaba la totalidad de las facultades de la vida. La división del trabajo en ésta, encomendada á grupos, continuó grado tras grado, significando cada uno un adelanto sobre el anterior, hasta llegar al resultado que hoy se conoce en su forma más elevada, con sus numerosos órganos relacionados entre sí de tal modo que forman un conjunto armónicamente activo.



FIG. 46.—Última etapa de la formación del organismo en la que las células exteriores han adquirido funciones y formas diversas á las de las células interiores: *ec*, células del exterior cuya misión es proteger; *en*, células del interior encargadas de digerir el alimento.

Pero se hacía necesario un segundo principio en este desenvolvimiento del organismo para que se produjera la variedad que existe en la Naturaleza. Así como las diferentes células de la masa multicelular se habían agrupado para sus diversos trabajos, así también la división de éste no era igual en todos los organismos. En dos lugares más ó menos distante uno de otro, las necesidades fundamentales de sus habitantes son las mismas; pero las distintas circunstancias en que se hallan, debidas á su situación, su comercio, sus industrias, etc., dan margen á que difieran notablemente en ellos las costumbres, el modo de ser,

y cuanto constituye la vida de un pueblo, de los moradores de una y de otra ciudad. De la misma manera, en el desarrollo primitivo de los organismos fué absolutamente necesario adoptar métodos variados de organización para los diversos grupos; y una vez que se estableció un tipo especial para cada animal ó planta, la ley de la herencia transmitió este tipo á sus sucesores, naciendo de este modo líneas de descendientes que se distinguían entre sí, teniendo cada cual su modo peculiar de organizarse. Vése que los representantes de estas líneas se separan otra vez en grupos que adquieren un nuevo tipo orgánico, y de aquí que haya una divergencia entre los descendientes en un número infinito de direcciones. Los individuos de las diferentes líneas tienen entre sí una marcadísima semejanza, como que descienden de un antecesor común; pero manifiestan al mismo tiempo variaciones adquiridas por ellos mismos, procedimiento que está repitiéndose incesantemente. El desenvolvimiento de estos múltiples organismos ha sido resultado de la divergencia de los centros comunes, y puede expresarse en forma de diagrama á la manera que se representan las ramificaciones de un árbol. El extremo de cada rama representa el mayor estado de perfección á que ha llegado cada línea ó grupo de cada familia.

Debe también tenerse en cuenta que á medida que aumentaba la complicación del organismo, disminuía constantemente la posibilidad de que se realizaran progresos posteriores. Cuando empezó la organización como una simple masa de células, era posible una variedad casi infinita en sus métodos; mas, como se adoptó un tipo distinto para cada línea de descendientes, todos los

productos consecutivos quedaron limitados por la ley de la herencia al método general adoptado por sus antepasados. El desarrollo ulterior de tales organismos debe consistir en cada generación en el perfeccionamiento de sus componentes y no en un método nuevo de organización. Por eso es que en la historia del ser viviente se ha manifestado una tendencia á que el desarrollo se haga dentro de límites bien marcados, y aun cuando su complicación ha aumentado, se observa todavía en el conjunto de ese ser el mismo propósito fundamental de organización. Á medida que el tiempo ha avanzado, los organismos se han perfeccionado en el ajuste de sus componentes; pero, la tendencia ha sido siempre la de perfeccionar los organismos primitivos más bien que la de crear nuevos tipos.

3. **Pruebas en favor de esta historia.**—Como acaba de decirse, los organismos han llegado gradualmente á su estado actual por el procedimiento de evolución orgánica. Ahora hay que hacer alto un momento para investigar si es esa la historia real de la formación del ser animado. La posibilidad de comprender la naturaleza viviente depende de que se acepte esa historia y se la encuentre una explicación.

Este problema ha ocupado lugar muy prominente en el mundo científico durante los últimos años del siglo XIX, y contribuído á hacer de la biología moderna una ciencia muy distinta de la antigua biología. Es simplemente la evidencia en favor de la teoría de la evolución orgánica. El asunto ha sido perfectamente examinado y sujeto á ensayos por todos los medios imaginables, lo que ha dado por resultado una inmensa masa de pruebas, concluyentes unas, no concluyen-

tes las otras. El acúmulo de las demostraciones ha hecho más y más claro que la evolución debe reconocerse como la única teoría de acuerdo con los hechos, siendo el resultado la unanimidad práctica entre los pensadores de que ella debe ser la base de los estudios ulteriores y bueno será detenerse á estudiarlo.

4. **Pruebas históricas.**—La primera fuente de evidencia es naturalmente histórica. La formación del organismo vivo ha dejado sus huellas en las rocas que constituyen la corteza terrestre. Durante tan largo período, esas rocas se han consolidado, quedando en ellas ejemplares de muchas de las edades en la formación del ser orgánico. La historia de esos ejemplares puede trazarse como la de cualquiera máquina antigua, estudiándola en los museos. Esa historia de la formación es algo incompleta y á veces difícil de descifrar. Sin embargo, de muchos períodos de ese desarrollo no han quedado rastros, y hay que interpretarlos por lo que había sucedido antes y sucedió después. Además, muchos organismos, en especial los primitivos, eran tan frágiles que no podían conservarse en las rocas. Por otra parte, en algunos casos, aquellas en que se depositaran los ejemplares habían estado sometidas á presiones y á un grado tal de calor, que variaron completamente de forma. Á pesar de esto, las pruebas son cada día más completas. Los paleontólogos y los geólogos exploran esas rocas capa por capa y descubren cada año páginas nuevas en la historia de ese libro de la Naturaleza. Se han descifrado ya casi con seguridad las épocas más recientes y su estudio ha enseñado con muchos detalles el modo cómo se han perfeccionado ciertos organismos, permitiendo trazar casi con

fijeza cómo se han transformado las formas más comunes y generales de los tiempos primitivos para constituir los animales de nuestros días.

Los fósiles han suministrado los mejores conocimientos que se poseen acerca de la manera cómo el organismo vivo ha llegado á su estado actual; pero estos conocimientos se limitan á los períodos recientes y poco ilustran de la historia antigua. Todas las rocas primarias que se cree fueron contemporáneas de los primeros pasos dados en la formación de los seres orgánicos rudimentarios, se han alterado por el calor de modo tal, que los ejemplares depositados en ellas han cambiado casi totalmente. Además, los primeros organismos carecían de armazón sólida y dura, y hasta que comenzó á desarrollarse en ellos el esqueleto era imposible que dejaran huellas en las rocas.

5. **Pruebas embriológicas.**—Hay otra fuente de evidencia que ayuda á llenar este vacío. Todos los animales empiezan hoy su desarrollo por un óvulo que no es más que una célula, pasando el animal por una serie de cambios que le llevan al estado adulto. Estos cambios son en su mayor parte semejantes á los cambios que debieron sufrir las primitivas formas de la vida en su desenvolvimiento de las más simples hasta las más complicadas. Cuando es posible seguir la historia de los grupos de animales por sus restos fósiles y compararla con la del animal en su tránsito de óvulo á adulto, se halla un paralelismo muy marcado que ha sido de gran utilidad para el estudio de ese pasado. Hubo una época en que se creyó que la embriología era la llave que abría todas las puertas, y por espacio de una decena de años los biólogos se ocuparon ansiosos de esa ciencia, esperanzados en que resolvería todos los proble-

mas relativos á la historia de los animales. El resultado ha sido hasta cierto punto un desencanto. Es verdad que la embriología ha prestado grandes servicios demostrando las relaciones de las formas unas con otras, revelando así la historia pasada; pero, por más que estos datos hayan sido muy valiosos, han estado sujetos, por desgracia, á modificaciones tales que en muchos casos han perdido su significación original y todo su valor como datos históricos. Estas modificaciones llamaron la atención de los biólogos tan luego como se dedicaron á estudiar seriamente la embriología; mas abrigaban la esperanza de que sería posible mejorarlas y descubrir la verdadera significación que se ocultaba bajo la aparente, lo que en realidad ha sucedido con frecuencia. Tan profundas son algunas de estas modificaciones, que se hace imposible desenvolverlas y descubrir su significado exacto. En su consecuencia, los biólogos de hoy tienen menos confianza en la embriología y encaminan sus estudios en diferentes direcciones que les prometan mejores resultados.

Aunque la embriología no ha realizado las grandes esperanzas que en ella se habían fundado, su auxilio en la historia del ser viviente ha sido de mucho valor, aclarando puntos obscuros y estableciendo relaciones de parentesco entre varios animales. El auxilio prestado por ella ha sido muy útil, especialmente en aquella parte de la historia en que nada enseñaba el estudio de los fósiles. Ya se ha visto que éste daba pocos ó ningunos detalles con relación á la historia primitiva de los seres organizados, que es precisamente en lo que la embriología ha sido de más utilidad. Ella es la que más ha ilustrado respecto á los progresos del organismo unicelular, al multicelular y

la que ha dado idea más clara de los principios fundamentales relacionados con la evolución de la vida y la formación del complicado mecanismo, producto de un simple trozo de protoplasma.

6. **Pruebas anatómicas.**—La anatomía comparada ofrece otro origen de conocimientos relativo á este asunto, siendo el hecho culminante en ella la demostración de las relaciones de parentesco entre los animales y las plantas. Este hecho es uno de los más patentes de la biología, reconocido como tal desde que empezaron á estudiarse las dos grandes series del reino orgánico. El observador más superficial no puede dejar de ver que ciertas formas manifiestan grandes semejanzas entre sí, mientras que otras ofrecen grandes desemejanzas. La agrupación de los animales y las plantas en órdenes, géneros y especies depende de estas relaciones. Si dos formas son desemejantes en todo, excepto en algún detalle, se clasifican comunmente en un mismo género, y si las diferencias son mayores, en distinto género, resultando así la clasificación de los reinos vegetal y animal en grupos subordinados unos á otros. El principio de la semejanza fundamental de estructura se extiende á todos los seres organizados. Aun en los animales menos parecidos, se conservan ciertos caracteres de analogía que indican un parentesco, por más que sea muy distante.

El hecho del parentesco es demasiado patente para que requiera más aclaraciones; pero es necesario decir algo de su significación. Cuando se habla de parentesco entre los hombres, siempre es con referencia á relaciones históricas de familia: dos hermanos están emparentados íntimamente porque proceden de los mismos padres, mientras que dos primos lo están menos porque

su origen común es más distante. Al hablar del parentesco en las razas indoeuropeas se quiere decir que hubo un tiempo en que esas razas tuvieron un origen común. Está, pues, justificada la interpretación de parentescos manifiestos de los organismos desde el punto de vista histórico y muy especialmente, la conclusión de que los que existen entre los tipos vivientes están de acuerdo con la historia de esos tipos tal cual ha sido revelada por los fósiles, al par que por el estudio de la biología.

En la anatomía comparada hay que tomar también en consideración la *homología* ó semejanza, y acaso un ejemplo de ella ilustre la marcha seguida por la Naturaleza en la formación de sus máquinas. Las Figs. 47 y 48 representan el brazo de un mono y el ala de un pájaro, muy diferentes por su aspecto y por las funciones que les están encomendadas. Se llaman *homólogos*, sin embargo, porque constan de partes similares en relación similar. Como se ve, el brazo y el ala tienen los mismos huesos, si bien en el ala del pájaro unos se han fundido y otros han desaparecido. Las partes similares pueden indicar un parentesco, pero las desemejanzas enseñan que de ser, es distante y de un origen remoto. Si se sigue la historia de esas dos clases de apéndices tal cual nos la revelan los fósiles, se hallará que se aproximan por un punto común. El brazo se puede relacionar fácilmente á un apéndice para caminar, y el ala del pájaro, mediante algunos puntos de unión, se puede relacionar ó comparar también á un apéndice que tenga sus cinco dedos libres y destinado asimismo á caminar. La Fig. 49 muestra uno de estos enlaces ó puntos de semejanza que representa el tipo primitivo del pájaro, en el

que los dedos y los huesos eran todavía visibles y, sin embargo, el todo formaba una verdadera ala. Vese, por tanto, que el punto común de origen sugerido por la semejanza entre un brazo y un ala no es enteramente imaginario, siendo el

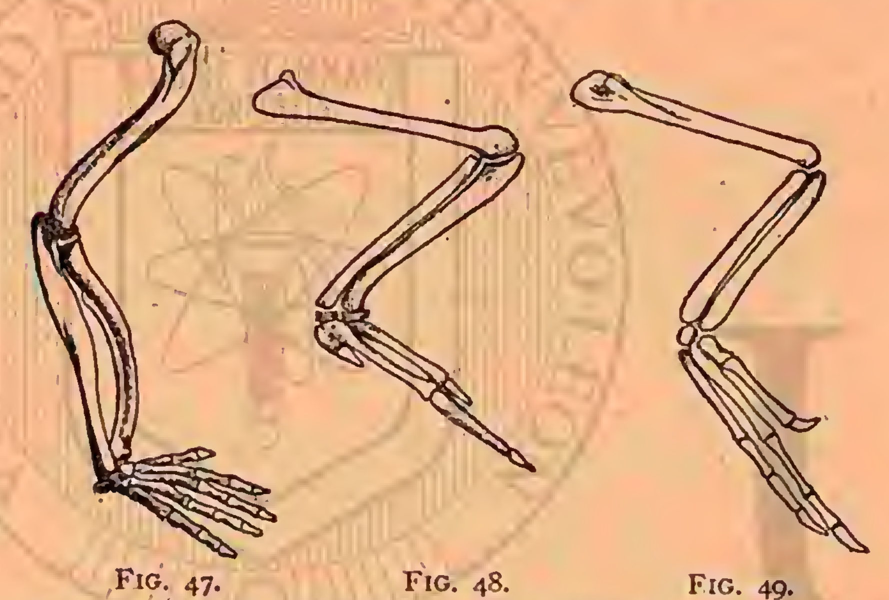


FIG. 47.—Brazo de un mono, apéndice de presión.
FIG. 48.—Brazo de un pájaro, apéndice para volar. Durante la vida del animal estaba cubierto de plumas.
FIG. 49.—Brazo de un animal antiguo, medio pájaro y medio reptil. Durante la vida estaba cubierto de plumas y le servía de ala.

fósil el que ha enseñado el camino á ese punto del origen supuesto. Todo esto demuestra que el método seguido por la Naturaleza para formar un órgano de prensión ó un órgano para volar, no ha sido el de hacer un nuevo órgano, sino el de aprovechar uno destinado á otros propósitos y modificar por cambios lentos su forma y sus funciones hasta adaptarlo á distintos fines.

7. **Importancia de estos orígenes históricos.**— Para apreciar el verdadero valor de estos oríge-

nes de evidencia, se hace necesario compararlos unos con otros, observándose entonces que convienen entre sí por manera notable. Los datos suministrados por los fósiles y por la embriología, como los proporcionados por la historia y la anatomía comparada, están de acuerdo. Si los arqueólogos encuentran en países diferentes sin conexión unos con otros, dos ó más vestigios de una nación ó raza que ha desaparecido, debe creerse ó sospecharse en la existencia real de esa nación. En cuestiones de esta índole no pueden ser falsas dos huellas de vestigios relacionadas una con otra.

Las fuentes de evidencia respecto á la historia de los seres vivientes, son exactamente de esta misma clase. Hay en esa historia tres orígenes de conocimientos tan independientes y diversos unos de otros, que casi no existe semejanza entre ellos. Uno está escrito en las rocas, otro en los huesos y los músculos, y el tercero está registrado en las efímeras y cambiantes páginas de la embriología y la metamorfosis. Todos enseñan la diferenciación cada vez mayor de trabajo y de estructura á medida que las edades transcurren: todos manifiestan una complexidad creciente de los organismos á medida que los períodos se suceden unos á otros: todos muestran puntos comunes de origen y divergencias entre estos puntos: todos patentizan cómo las formas más complicadas son resultado de cambios y de modificaciones en las formas más sencillas, y cómo las partes componentes han aumentado, disminuído ó cambiado de formas para adaptarse á nuevas funciones: todos, en fin, enseñan la misma historia de la formación gradual de los seres orgánicos á pasos lentos y á través de los siglos. Puesto que

estas tres fuentes históricas están tan uniformes, es imposible no creer en la realidad ó posibilidad de esa historia, del mismo modo que es imposible no creer en que ha existido ó haya podido existir una ciudad después de haber encontrado vestigios de ella procedentes de dos orígenes diversos.

Todo esto tiene gran afinidad con el objeto de este estudio. Trátase de aprender cómo se ha formado el organismo viviente con sus admirables facultades. La historia que se acaba de delinear es sin duda la del organismo, y el conocimiento de que estos complicados mecanismos son resultado de un desarrollo lento, es de gran valor. Este conocimiento da una idea de la naturaleza de las fuerzas puestas en acción y dice que, para investigar esas fuerzas, se deben buscar aquéllas que hayan estado actuando constantemente; fuerzas que no produzcan sus efectos por adiciones súbitas al organismo, sino por una acción comparativamente lenta; fuerzas, por último, que no se adapten al organismo para sus necesidades futuras, sino para sus necesidades de momento. Cada paso en esta historia ha dado origen á un animal completo con sus facultades todas enteramente desarrolladas. No hay que esperar hallar fuerzas que perfeccionen el organismo á saltos, ni que formen partes constitutivas para un uso futuro. Nada se ha elaborado en la economía con el propósito de que fuera útil más tarde; todo para que sea útil en el momento preciso de su aparición. En una palabra, deben buscarse fuerzas que estén constantemente en acción y tendiendo siempre á la mayor complexidad de la estructura.

CAPÍTULO VII

FUERZAS ACTIVAS PARA LA FORMACIÓN DEL ORGANISMO VIVIENTE

1. **Factores.**—En el fondo de este proceso figuran tres factores primarios, á saber:

a. Reproducción, que conserva los tipos de generación en generación.

b. Herencia, que transmite los tipos de generación en generación.

c. Variedad, que modifica los tipos de generación en generación.

Cada uno de estos factores debe estudiarse aisladamente.

2. **Reproducción.**—La reproducción es el factor principal en el proceso del organismo animado, siendo la herencia y la variación simples fases de ella. El ser orgánico se ha desarrollado por procesos naturales. ¿Qué es, pues, la reproducción? No es otra cosa que una simple división. Ya sea que se considere la planta, que se multiplica por brotes, ó el animal unicelular que se divide simplemente en dos mitades, ó el más superior, que se multiplica por ovulación, el carácter fundamental del proceso es la división. En todos los casos, el organismo se fracciona en dos ó más partes, cada una de las cuales se hace igual, pasado cierto tiempo, al organismo primitivo. Además, cuando se sigue esta división más allá, se ve que siempre se relaciona con la división anterior de la célula, tal como se ha descrito en otro capítulo. La base de la reproducción es siempre la división celular, proceso que depende de las propiedades de la célula. En primer lugar,

es el resultado de sus poderes asimiladores, porque sólo por asimilación puede aumentar de volumen, y sólo aumentando de volumen puede adquirir elementos para las necesidades de la división celular. En segundo lugar, depende, como se ha visto, del mecanismo del cuerpo de la célula, en especial el núcleo y el centrosomo. Estos tejidos regulan la división de ella, y de aquí la reproducción de animales y plantas. No se puede, por tanto, hallar ninguna explicación de la reproducción hasta que se haya explicado el mecanismo de la célula. El carácter fundamental del organismo se basa en el mecanismo del núcleo y del centrosomo de la célula orgánica.

Después de servir para perpetuar la raza, el rasgo más importante de la reproducción es su admirable fecundidad. Como depende de la división, tiende siempre al acrecentamiento de los seres en proporción geométrica. En los animales unicelulares, la célula se divide dando origen á dos animales, que se dividen á su vez produciendo cuatro, y así sucesivamente. La rapidez de esta multiplicación es inconcebible, dependiendo, por supuesto, del tiempo que medie entre las divisiones sucesivas. En los animales superiores el proceso es más complicado, pero también hay en ellos la misma tendencia á la progresión geométrica, aun cuando los intervalos en las reproducciones subsiguientes sean más largos é irregulares. Sin embargo, siempre es tan grande que, si no fuera restringida por causas accidentales, como muertes prematuras ú otras, la descendencia abundaría tanto, que sería imposible la existencia. Aun los elefantes, en los que la procreación es tan lenta, darían nacimiento en un período de setecientos cincuenta años, á no impedirlo las causas antedi-

chas, á una descendencia que no bajaría de diez y nueve millones. Fácilmente se comprende, en vista de lo que antecede, que con tal fecundidad, la tierra no podría producir el alimento suficiente para satisfacer las necesidades de tantos millones de seres.

3. **Herencia.**—Los nuevos individuos que resultan de estos procesos de división son iguales entre sí lo mismo que á los padres de que proceden, que es lo que constituye la herencia. Ella es la fuerza conservadora que perpetúa las formas producidas ya y hace posible para cada generación la formación de otras nuevas. Sin la herencia, cada generación volvería al principio y nada se adelantaría; pero, colocándose cada individuo en la misma posición en que estaban sus padres, se realiza el progreso de las generaciones sucesivas. La herencia es como la memoria, que recuerda los hechos pasados; ó mejor dicho, como la invención de la imprenta para el desarrollo de la civilización. Por la imprenta, que imprime la historia, cada época se aprovecha de los descubrimientos de las edades pasadas y se ha hecho posible el desarrollo de la civilización presente. Del mismo modo, la herencia pone á cada generación en estado de aprovecharse de los perfeccionamientos de sus antecesores en el proceso de la formación del organismo y de desplegar todas sus energías para el adelanto.

La herencia es un hecho palmario. Siempre se ha reconocido que el hijo tiene ciertos caracteres de los padres, creencia tan aceptada que no necesita pruebas. Se discute acerca de los caracteres que pueden heredarse y del influjo que ejerce la herencia, siendo muchos los problemas á este respecto; mas es innegable que la heren-

cia es la base fundamental de la biología. Sobre ella deben construirse todas las teorías que tienden á explicar el organismo viviente.

Este factor lleva otra vez al mecanismo de la célula. En las páginas anteriores se ha demostrado la maravillosa naturaleza de los cromosomos, los que, aun cuando no se comprendan bien, son extraordinariamente complejos: se ha probado también que ellos son probablemente la base física de la herencia, puesto que son las únicas partes de los padres que se transmiten á las generaciones subsiguientes. Teniendo presente los fenómenos de la división de la célula y de la fertilización, se puede llegar á una explicación muy sencilla de los caracteres fundamentales de la herencia.

Reconociendo que los cromosomos son la base física de la transmisión de la herencia, he aquí el juicio que se puede formar de sus caracteres. El óvulo fertilizado contiene igual número de cromosomos de cada sexo (Fig. 42). Cuando esta célula fertilizada se divide, los dos cromosomos se hienden longitudinalmente, entrando cada mitad en cada una de las dos mitades de la división celular. Dedúcese de este modo de división, que las células hijas son equivalentes entre sí y al óvulo no dividido. Si los cromosomos originales contenían potencialmente todos los caracteres hereditarios transmitidos del padre al hijo, los de cada célula hija contendrán los mismos caracteres hereditarios. Por tanto, si el óvulo primitivo fertilizado poseía la facultad de desarrollarse, cada célula hija poseerá la facultad de desarrollarse de igual modo. Y así, cada célula que naciera como resultado de esta división, tendría caracteres semejantes ínterin continuara este procedimiento de

división. Pero, apenas transcurre algún tiempo en el desarrollo del óvulo, comienza una diferenciación entre las células hijas, que adquieren formas y funciones distintas, lo que sólo puede ser resultado de una diferenciación en su material de cromatina. En la división de la célula los cromosomos no se hienden ya en mitades equivalentes, sino que sus rasgos se reparten unos á unas células, otros á otras, los que al formarse se encargan de las funciones digestivas recibiendo material cromático que las ponen en estado de atender especialmente á esas funciones; mientras que las otras que han de servir para formar los órganos sensorios, reciben diferente parte de la cromatina. Así se forma la célula adulta, como las células que reciben diversa porción de la materia hereditaria contenida en los cromosomos originales. Éstos poseían todos los caracteres hereditarios; pero, á medida que el desarrollo avanza, dichos rasgos se reparten gradualmente entre las células hijas hasta que se forma el adulto.

Según este método de división la célula del adulto no contiene todos los caracteres de los cromosomos originales del óvulo,.aunque sí una parte que puede derivarse de los padres. Créese, sin embargo, que de esta manera no sufre cambios una parte de la cromatina original, sino que permanece sin alteración á medida que el individuo se desarrolla. Este material cromático puede aumentar en cantidad por asimilación, pero permanece inalterable durante todo el crecimiento del individuo. Síguese de aquí que el adulto contendrá al mismo tiempo que su material definido, cierta cantidad de la base física original de herencia que todavía conserva sus cualidades primitivas. Esta cromatina poseía en su principio la facultad

de producir un nuevo individuo, cualidad que conserva, puesto que ha permanecido inerte sin sufrir la menor alteración. Se deduce, además, que si esta cromatina inerte entrase en actividad y produjese un nuevo ser, éste sería idéntico al desarrollado directamente del óvulo, toda vez que ambos individuos proceden de un fragmento de la misma cromatina. El hijo sería indudablemente igual al padre, sin que importe para el caso que el material primitivo aumente en cantidad por asimilación, *en tanto que sus caracteres permanezcan sin alteración:* de donde se deduce que cada ser debe llevar consigo cierta cantidad de cromatina idéntica al ser de que se deriva.

Ahora bien: que este *plasma-germen* (que es el nombre que se le dará en adelante) se distribuya por todo el cuerpo ó se reúna en algunos puntos de él, no importa de momento. Es cierto que algunas de sus partes encuentran medios de penetrar en los órganos reproductores del animal ó la planta, y así se ve que parte de la cromatina del óvulo de la primera generación se desarrolla en la segunda, mientras que otra parte permanece inerte en ella, convirtiéndose en cromatina de sus óvulos y espermatozoarios. Por tanto, cada óvulo de la segunda generación recibe cromosomos que proceden directamente de la primera, deduciéndose que cada uno de estos óvulos tendrá propiedades idénticas á las de la primera generación. De aquí, que si uno de estos nuevos óvulos se desarrolla en el adulto, producirá un adulto exactamente como el de la segunda generación, porque contiene cromosomos idénticos á los de la segunda de que proceden. No hay, por tanto, dificultad en comprender por qué la segunda generación se parece á la primera, y toda vez que este procedimiento

se repite en la próxima reproducción, la tercera generación será parecida á la segunda y así sucesivamente. El estudio del siguiente diagrama aclarará más este punto:

A representa el óvulo de una estrella de mar. De una mitad de él, la mitad sombreada, se desarrolla el individuo de la próxima generación. *B*, la otra mitad, se distribuye sin alteración en los ovarios, *ov*, del individuo *B*. De estos ovarios nace el próximo óvulo *A'* con su plasma-germen. Evidentemente éste es idéntico al de *A*, porque sólo es un trozo del mismo transmitido por conducto del individuo *B*. En el desarrollo de la segunda generación se repite el mismo procedimiento y, por tanto, *B'* será igual á *B*, y la tercera generación de óvulos será igual á la primera y la segunda. De este modo se transmite la parte no definida del plasma-germen de una generación á la siguiente.

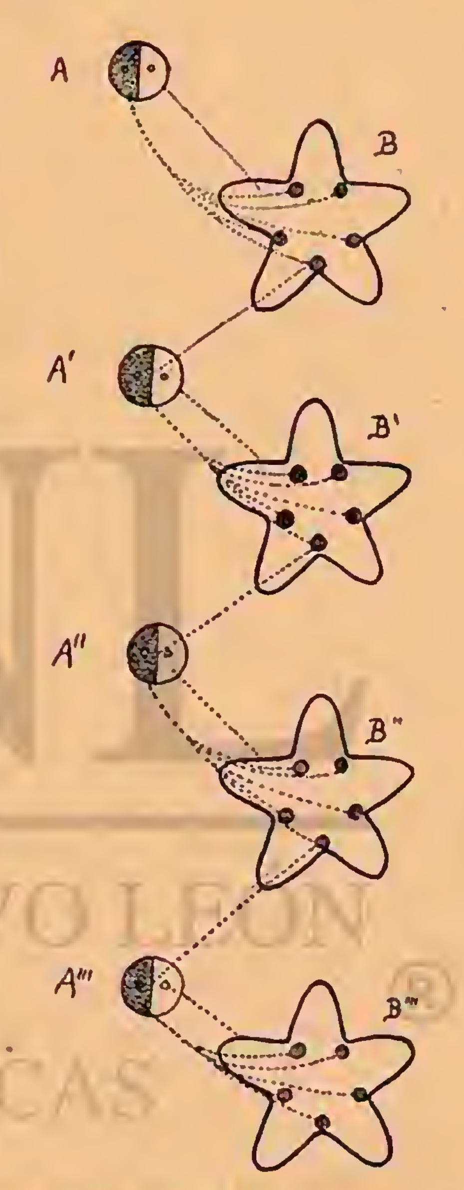


FIG. 50.—Diagrama mostrando el principio de la herencia.

Esto nos da una explicación sencilla, á lo menos de algunos caracteres de la herencia, que estriban en que algo de la cromatina ó plasma-germen se transmite de una á otra generación y se deposita temporalmente en los núcleos de las células reproductoras. Durante la vida del individuo este plasma-germen es susceptible de aumentar en cantidad sin que se altere su naturaleza, y así continúa creciendo y transmitiéndose, dotado siempre de la facultad de desarrollarse en condiciones adecuadas en un individuo nuevo y dando origen á seres enteramente iguales. Puédese, por tanto, comprender con facilidad por qué el hijo se parece al padre, no sólo porque pueda heredar directamente de éste, sino porque hijo y padre proceden del desenvolvimiento de dos trozos del mismo plasma-germen. La transmisión del principio hereditario de generación en generación se conoce con el nombre de teoría de la *continuidad del plasma-germen.*

Tal parece ser, á lo menos en parte, el curso del mecanismo de la herencia. Debido á él, el germen es continuo y perpetuo, lo que explica por qué las generaciones sucesivas son iguales. No explica, sin embargo, por qué un hijo hereda de sus padres, sino sólo por qué es parecido á ellos. Aunque los biólogos disienten todavía acerca de los problemas relacionados con la herencia, convienen hoy todos en que este principio de la continuidad de la substancia hereditaria debe ser la base de todos los cálculos para comprender el mecanismo de la herencia. Este proceso no es, en realidad, más que una función del mecanismo celular: así, por más que la idea de la continuidad de substancia-germen simplifique el problema, no por eso se deja de estar envuelto

de nuevo en los misterios de la célula. Hasta que se explique satisfactoriamente, debe confesarse la incapacidad para resolver la cuestión fundamental de por qué un individuo se asemeja á sus padres.

La reproducción y la herencia tal como han sido estudiadas hasta ahora, no bastan para dar razón cabal de las modificaciones lentas del mecanismo, pues que de conformidad con los hechos antes delineados, cada generación sería *precisamente igual á la última* y no habría posibilidad de ningún desarrollo ó cambio de una á otra generación. Si el individuo no es más que el desenvolvimiento de las facultades poseídas por un trozo de *plasma-germen*, y si éste se transmite de generación en generación, las subsiguientes debían ser necesariamente idénticas; pero como el organismo vivo se ha formado por cambios en las generaciones sucesivas, de aquí que sea indispensable otro factor. Éste es la variedad.

4. **Variedad.**—La variedad es lo que produce las *modificaciones del tipo*. La herencia, tal como se acaba de explicar, haría iguales todas las generaciones y, sin embargo, lo cierto es que no lo son. La variedad es patente desde cualquier punto de vista que se le mire, toda vez que no hay dos seres enteramente iguales. Los pájaros varían en el tamaño de sus picos y sus patas: las mariposas en sus colores: los perros en sus dimensiones, formas y pintas, y así sucesivamente. Las plantas y los animales, como la Naturaleza entera, ofrecen variedades infinitas, que son las que han de suministrar la base de los cambios que han formado gradualmente el organismo vivo.

No cabe discusión alguna acerca de la realidad de estas variedades. Sin embargo, hay en

su naturaleza algunos puntos sobre los que se debe reflexionar y que tienen mucha afinidad con el objeto de estos estudios. En primer lugar, debe notarse que son de dos clases. Unas nacen en el individuo, sin que esto quiera decir que se manifiesten ostensiblemente en él desde su nacimiento. Un niño, por ejemplo, puede heredar de sus padres ciertos caracteres que no se revelen hasta la edad adulta, el color del pelo, por ejemplo, como los hay entre los miembros de una misma familia, pero que no se manifiestan hasta cierta edad. Los descendientes de unos mismos padres pueden ofrecer diferencias muy marcadas aunque se hallen en condiciones iguales, y todas estas circunstancias llevan el nombre de *variedades congénitas*.

Hay una segunda clase de variedades que no nacen con el individuo, es decir, que no son congénitas, sino el resultado de algunas circunstancias posteriores al nacimiento. Los ejemplos más marcados de esta clase son las mutilaciones. Un hombre que sólo tenga una pierna por haber perdido accidentalmente la otra, es un caso de variedad adquirida accidentalmente. Un herrero difiere de los demás hombres por el desarrollo excepcional de los músculos del brazo, producido por el ejercicio. Un europeo, nacido bajo el sol de los trópicos, tiene la piel muy morena debido á la acción de los rayos solares, lo que es muy diferente de la piel morena de otras razas. Éstas no son variedades innatas, sino ocasionadas por accidentes secundarios individuales y se denominan *variaciones adquiridas*.

No siempre es posible distinguir estos dos órdenes de variaciones, encontrándose con frecuencia rasgos que no puede determinarse bien si son

adquiridos ó congénitos. Si un niño ha nacido bajo el sol tropical, ¿podrá decirse si el color obscuro de su piel es debido al clima ó á la herencia? Parece que la cuestión se resolvería separándolo de la acción del sol ardiente del medio en que vive y ver si su piel continuaba siendo obscura; pero esto no basta aún, porque si en ese niño la piel se tornara blanca, se atribuiría ese cambio á efectos de un clima septentrional sobre un cutis que en otras circunstancias hubiera sido moreno, siendo, por tanto, imposible hallar solución satisfactoria al problema. Por otra parte, el objeto actual no es establecer las diferencias entre las dos variedades, sino reconocer su existencia.

Explicar estas variedades es un nuevo problema. En las variedades adquiridas no ofrece dificultad, porque se explican por la acción directa de los objetos que rodean al individuo. Uno de los caracteres fundamentales del protoplasma vivo (usando la frase en su sentido más lato) es su extremada inestabilidad, que llega hasta el punto de alterarse por cualquiera influencia ó trastorno. Colocando dos organismos unicelulares en distintas condiciones, dejáran de ser iguales porque su protoplasma inestable cambiará debido al medio ambiente. En los animales superiores el proceso es naturalmente más complicado; pero también se comprende con facilidad como parte del funcionamiento del organismo, dispuesto por manera tal, que cuando un órgano trabaja más de lo habitual, la economía entera reacciona y envía más sangre á aquel órgano, resultando un cambio en su nutrición y la correspondiente variedad en el individuo. Estas variedades adquiridas son simples funciones de la acción del organismo.

Las variedades congénitas no admiten esta explicación. Nacidas con el individuo, no pueden producirse por circunstancias que le afecten, sino por algo que modifique el plasma-germen de que proceden. La naturaleza de este plasma rige la naturaleza del individuo y, por consiguiente, las variaciones congénitas dependen de las variaciones del plasma. Lo difícil es hacerse cargo de cómo el plasma-germen puede sufrir variación. Las condiciones que rodean al individuo afectarán su cuerpo, mas no se ve cómo pueden afectar la materia del germen. No se comprende que circunstancias externas tengan influencia sobre el germen, no siendo éste parte activa del cuerpo, sino estando acumulado en él para fines futuros de la reproducción. ¿Cómo pueden las alteraciones que rodean al individuo ejercer acción sobre este material inerte depositado en él? Mas, si se considera este germen como la base de la herencia y la fuerza directriz del desarrollo, hay que deducir que el único modo como pueden ocurrir las variedades congénitas es por cambios en el plasma-germen.

Ahora bien: hay dos hipótesis para suponer que estas variedades nacen en el germen. La primera es por la influencia directa sobre el plasma-germen de ciertas circunstancias exteriores desconocidas. La substancia de los organismos es siempre muy inestable y, como ya se ha dicho, las variedades adquiridas son originadas por influencias externas que las afectan directamente. La materia hereditaria es también substancia vital, y es muy posible suponer que este germen está sujeto asimismo al influjo de las circunstancias que le rodean. Apenas pueden quedar dudas de que tales cambios ocurren, por más que se ignore

qué sea lo que los produzcan. Si el plasma-germen está todo acumulado en la glándula reproductora, se encuentra en tales condiciones que sólo de un modo muy ligero puede ser afectado por los agentes exteriores que actúan sobre el animal. Se comprende que el uso de un órgano, el brazo por ejemplo, lo afecte por manera tal que produzca cambios en su protoplasma; pero no es posible que el uso de ese brazo dé margen á cambio alguno en el principio hereditario depositado en los órganos reproductores. Las condiciones del exterior pueden interesar fácilmente el cuerpo, mas no la materia del germen. Aun si ésta se distribuyese más ó menos en todo el cuerpo en vez de limitarse á las glándulas de reproducción, no por eso se amenguaría la dificultad. La casi imposibilidad de comprender cómo el plasma-germen puede afectarse por circunstancias externas, llevó á cierta escuela de biólogos á negar que el plasma estuviera sujeto á variación alguna por causas exteriores, y á sostener que todas las modificaciones ó cambios deben proceder de otro origen. Nadie sostiene ya esta teoría, siendo la creencia general que el plasma puede sufrir algunas modificaciones por dichas causas. Claro es que si ocurrieren en el plasma-germen tales cambios, éstos se harán congénitos en la próxima generación, puesto que ésta es el medio de desarrollo del plasma-germen.

La segunda hipótesis por la que las variaciones en el plasma-germen pueden nacer, es, al parecer, de mayor importancia. Básase en que en los animales y plantas superiores cada individuo tiene á lo menos dos progenitores en vez de uno. En el estudio relativo á la célula se ha visto que el mecanismo de ésta es tal, que exige en el proceso

ordinario de reproducción la unión del material del germen de dos individuos diferentes para producir una célula que se desarrolla en un nuevo ser. Se sabe que el óvulo se desprende de la mitad de sus cromosomos para recibir un número igual de la célula paterna, conteniendo cromosomos el óvulo fertilizado y, por tanto, elementos hereditarios de dos individuos distintos. Esta reproducción sexual ocurre con mucha frecuencia en el mundo orgánico, y no se conoce en los organismos unicelulares, siendo por lo demás muy general en otros. Este hecho facilita las variedades congénitas; porque, como se sabe, cada individuo no procede de un principio germinal *idéntico al de su origen, de cada uno de sus progenitores, sino de una parte de este principio mezclado con otra cantidad igual de otro progenitor distinto.* Nunca son exactamente iguales los dos progenitores, y de aquí que el plasma con que cada uno contribuye al nuevo ser no sea exactamente igual. El descendiente será el resultado del desarrollo del plasma-germen, que se diferenciará de aquél en que se desenvolvió cada uno de los progenitores; y de esas diferencias provienen las variedades congénitas. Así, la reproducción produce variaciones congénitas, y si éstas son necesarias para la evolución del ser organizado, preciso es deducir que la reproducción es el medio por el que se producen esas variedades congénitas.

5. **Herencia de las variedades.**—La razón por la que las variedades congénitas son necesarias para la evolución del organismo es muy obvia. En éste no se pueden efectuar cambios efímeros, porque morirían con el individuo en quien nacieran. Para que tengan alguna influencia en el proceso del ser animado, han de ser permanentes ó lo que es

lo mismo, han de heredarse de generación en generación. Sólo transmitiéndose estas variedades por herencia pueden formar parte de la estructura del organismo en desarrollo, por lo que es preciso averiguar si son heredadas. Lo externo sólo puede modificar el órgano directamente afectado, y las variedades adquiridas aparecerán en la parte del cuerpo que haya sufrido el influjo de esas condiciones externas. Pero el plasma-germen no está sujeto, á juzgar por los conocimientos actuales, á la influencia de un aumento de ejercicio. La materia germinal se deriva de los progenitores, y si está simplemente acumulada en el individuo, ¿cómo puede afectarse por una variación adquirida? Si un individuo pierde una pierna, su hijo no nacerá sin esa pierna, porque el principio hereditario está en los órganos reproductores y es imposible creer que la pérdida de la pierna haga desaparecer ese principio. Estando el plasma-germen depositado en el individuo, no se concibe manera alguna por la cual pueda afectarse por el medio ambiente de un modo que explique la herencia de las variedades adquiridas. Como éstas no afectan al plasma, no pueden heredarse, y si el plasma-germen es parte del protoplasma transmitido de generación en generación, no es de creer que las variedades adquiridas ejerzan influjo en él.

De estas consideraciones han surgido entre los biólogos dos teorías muy distintas, y de las que hay que decir algo. Unos se adhieren resueltamente á la teoría anterior, é insisten en que las variedades adquiridas no se pueden heredar. Insisten también en que todas las variedades heredadas son congénitas, debidas á variaciones directas en el plasma-germen, siendo todos los casos

de herencia aparente de caracteres adquiridos susceptibles de otra explicación. La otra escuela sostiene que hay muchos ejemplos de herencia de caracteres adquiridos, y que estas pruebas tienen una fuerza tal, que deben aceptarse. Estos biólogos afirman como consecuencias de esto, que la explicación de la herencia como un simple medio de transmisión de una á otra generación no es completa, y que si es indudable el fundamento de la herencia, debe modificarse por manera tal, que se pueda admitir la de los caracteres adquiridos.

No ha habido cuestión que haya excitado tan vivo interés en el mundo biológico durante los últimos años del siglo XIX, como la de la herencia de los caracteres adquiridos. La cuestión no se planteó seriamente hasta 1884. Conocíase la herencia como un hecho y se creía que, aun cuando las variedades congénitas eran las que con más frecuencia se heredaban, podían transmitirse también los caracteres adquiridos. Los hechos ya citados acerca de la continuidad del plasma-germen han llevado últimamente á muchos biólogos á negar la posibilidad de esta creencia. Se ha demostrado que si la herencia de las variedades congénitas es la regla general, la de las adquiridas es muy poco común. Muchos naturalistas están inclinados á creer en la actualidad que el resultado de los hechos indica que, en ciertas condiciones, puede heredarse cierta clase de caracteres adquiridos, aserción que niegan otros. Es indudable que las variedades en los animales y las plantas son la base de las etapas sucesivas en los progresos realizados en esa formación; pero bien entendido que sólo aquellas variedades que llegan á transmitirse á la posteridad son las que pue-

den tener algún objeto en este desenvolvimiento. Por tanto, si se probare que los caracteres adquiridos no se pueden heredar, no podrían considerarse las circunstancias exteriores como un factor en la formación del ser viviente. No quedarían, pues, más que las variedades producidas por la unión congénita ó por el cambio directo del plasma-germen, como factores para el adelanto. No obstante, demostrando que los caracteres adquiridos pueden heredarse alguna vez, el efecto directo del medio ambiente sobre el individuo sería una gran palanca para la solución del problema.

He aquí los factores que han tomado parte en la formación por la Naturaleza del ser animado. La reproducción contiene siempre en sí un organismo que se modifica con facilidad, constantemente activo é inestable. Las variedades ofrecen también nuevas modificaciones de tipo, y la herencia es una garantía de que serán permanentes esas modificaciones producidas en el organismo por las influencias que dan origen á las variedades.

CAPÍTULO VIII

MÉTODO PARA LA FORMACIÓN DEL ORGANISMO

1. **Selección natural.**—El método seguido por los factores que han contribuído unidos á la formación del organismo, se comprende fácilmente considerado así en conjunto, por más que haya muchos detalles no resueltos aún. Los hechos generales relacionados con la formación de los animales son muy conocidos, por lo que bastarán algunas ligeras reflexiones sobre el asunto. La

base del método es la *selección natural*, cuya acción es la siguiente:

Como se ha dicho ya, la ley de reproducción crea nuevos individuos con rapidez extraordinaria, dando como resultado mayor número de seres de los que podría contener el mundo. Por eso es que son pocos los individuos de las nuevas generaciones que viven lo suficiente para reproducirse á su vez. Preciso es que mueran muchos para que puedan vivir algunos, lo que da margen á una lucha constante entre las nuevas generaciones por el alimento y el lugar que han de ocupar en el planeta. Como es natural, en esta *lucha por la existencia* el más débil es el que sucumbe, mientras que los más fuertes son los que se alimentarán, vivirán y se reproducirán. Esto es innegable en cuanto á los animales más inferiores; pero no es enteramente lo mismo en el género humano. Entre los seres nacidos no habrá dos que sean exactamente iguales; porque las variedades son universales y muchas de ellas congénitas y transmitidas por herencia. Claro es que aquellos animales que por las variedades recibidas estén mejor constituídos para la lucha vivirán y se multiplicarán, como perecerán los que carezcan de esas condiciones.

Supóngase que algunos de estos animales tengan el cuello más largo que la generalidad: en épocas de escasez ésos alcanzarán un alimento que los de cuello más corto no alcanzarían, y de aquí que sean los que sobrevivan. Ahora bien: si esa peculiaridad fuese una variedad congénita, se manifestaría ya en el plasma-germen y por consiguiente se heredaría de generación en generación. Destruída la mayor parte de los individuos de cuello corto en su lucha por el alimento, la próxima gene-

ración sería de cuello algo más largo que la que le precedió, porque heredaría esa variedad ó peculiaridad. Á las pocas generaciones todos los individuos gozarían de la misma ventaja, y el cuello largo sería *una parte integrante de su organismo.* Llegada esa época, la particularidad no daría al que la poseyera predominio alguno sobre sus rivales, toda vez que todos la poseían. Por consiguiente, se haría necesaria una nueva variedad que determinara los animales que habían de vencer y los que habían de sucumbir y, andando el tiempo, se agregaría alguna modificación al organismo. Así iría añadiéndose una variedad á otra hasta que el individuo se formara lentamente con una estructura más complicada, activa siempre y con actividad creciente. La formación del organismo es, por tanto, natural. Una mezcla de plasma-germen en la reproducción sexual ó cualquiera otra circunstancia, produce variaciones congénitas. La selección natural, actuando sobre la numerosa progenie, elige las mejores entre las nuevas variedades y la herencia las conserva y las transmite á la posteridad.

Todos los que se dedican á estos estudios, sea cualquiera la escuela que sigan, reconocen la fuerza de este principio y consideran la selección natural como un factor eficaz en la formación del organismo. Ella es, probablemente, la más fundamental de las leyes externas que han servido de guía en este proceso. Hay, sin embargo, otras que han jugado un papel más ó menos secundario, siendo las principales la emigración, el aislamiento y la influencia directa del medio ambiente ó sea del medio en que se vive.

2. **Emigración y aislamiento.**—La producción de las distintas clases de organismos se ha facili-

tado indudablemente por los emigraciones de los animales y el aislamiento de diversos grupos de descendientes debido á varios obstáculos naturales. Las variaciones que ocurren en el organismo son tales, que llegarían algunas veces á constituirse estructuras anómalas, si no fuera porque la reproducción tiende constantemente á encauzarlas. En un campo abierto, donde los animales y las plantas pueden procrear libremente, sucedería muy á menudo que individuos con ciertas peculiaridades se unirían con otros que carecieran de ellas y, por tanto, los nuevos seres heredarían la peculiaridad, no en grado superior, sino inferior. Este constante cruzamiento de individuos tiende á impedir la formación de muchas modificaciones en el organismo. Ahora bien: si estos individuos con una variedad peculiar, emigraran á otros países ó se aislaran de sus afines que carecen de ellas, se verían entonces forzados á unirse unos con otros. El resultado sería que la generación siguiente, producto de progenitores que poseen la misma variedad, la poseerían á su vez en grado igual ó mayor. Las emigraciones y el aislamiento llegarían así á *fijar* en el organismo variaciones que partirían de la unión de los sexos ú otras circunstancias. En la historia de la tierra han ocurrido muchos trastornos dando por resultado emigraciones y aislamientos, y es indudable que estos factores han desempeñado papel más ó menos importante en la formación de los organismos. No puede decirse, ni hace falta, hasta donde alcanza esa participación, porque en todos estos casos la formación del organismo ha sido siempre resultado de la transmisión hereditaria de variedades congénitas en condiciones especiales. El proceso fundamental es el ya estudiado, siendo

sólo cuestión de detalles el mecanismo de la formación.

3. **Influencia directa del medio ambiente.**—En esta materia se encierra una cuestión de excepcional importancia. No puede negarse que el medio ambiente en que se vive ejerce acción directa y segura en el ser animado. El sol tropical hace morena la piel del hombre; el clima frío detiene el crecimiento de las plantas; la escasez ó mala calidad de los alimentos no permite el desarrollo completo de los animales y los vegetales, y otros mil ejemplos que podrían citarse á este respecto. Otro orden de influencias es el ocasionado por el *uso* ó la falta de *uso.* Es incuestionable que el uso de un órgano tiende á aumentar sus dimensiones, como el desuso á disminuirlas.

Todos estos efectos son modificaciones directas del organismo, y si se transmiten á las generaciones inmediatas por manera que se hagan *permanentes*, claro es que han de ser factores muy importantes en la formación de él. Por otra parte, si no se transmiten por herencia, sus efectos no pueden ser permanentes y estamos otra vez ante el problema de los caracteres adquiridos. Ya se ha indicado la incertidumbre que reina en esta materia; pero la creencia casi universal de que esos caracteres se heredan, exige que se tomen en consideración. No hay seguridad de que esos efectos directos ejerzan influencia en los nuevos seres ni por lo tanto que tomen parte en la formación del organismo; pero hay hechos que hablan muy alto en sentido afirmativo. Por ejemplo: si se estudia el desarrollo del género *equino* se verá que el caballo, que primitivamente tenía cinco pesuños, empezó á trabajar más sobre el pesuño central, por manera que éste hacía mu-

cho más ejercicio que los otros. Los resultados que ese hábito había de producir en las generaciones sucesivas son palpables; y siguiendo el desenvolvimiento de esos animales, se observó que los pesuños exteriores se iban haciendo cada vez más pequeños mientras que el del centro crecía, hasta que por último se produjo el caballo con un solo pesuño en cada pata. Parece natural suponer que en este caso se originó dicha modificación por el ejercicio exagerado de una parte del órgano y el reposo relativo de las otras; hay otros muchos ejemplos análogos que podrían exponerse. Por consiguiente, si los caracteres adquiridos pueden heredarse en más ó en menos, hay que reconocer en la influencia directa del medio ambiente un importante factor en la formación del organismo. Tan manifiesto es este influjo que una escuela biológica encuentra en él la causa principal de las variedades y sostiene que las circunstancias que rodean al organismo producen cambios en él que, transmitidos á las generaciones sucesivas, constituyen la base del desarrollo orgánico. Eliminado este factor, menester es apelar á las variedades congénitas como medio único para imprimir modificaciones permanentes en los seres animados.

4. **Conciencia, inteligencia é instinto.**—Hay que tener también en cuenta otro factor al que se ha concedido en estos últimos tiempos lugar prominente al estudiar la materia: la conciencia, la inteligencia ó el instinto del animal. Claro es que ese agente no puede tener mucha importancia tratándose de los animales inferiores y las plantas; pero la tiene indudablemente en los animales superiores. Cuándo ó cómo apareció en escena este factor, no se sabe ni probablemente se sabrá nun-

ca, porque parece estar fuera de nuestro alcance; mas ello es que ha llegado á ocupar puesto prominente en el desarrollo del organismo. No hay que interpretarlo, como han hecho algunos, en el sentido de que el animal haya tenido nunca conciencia propia del desenvolvimiento de sus órganos, ni haya hecho á sabiendas esfuerzo alguno para modificarlos. Se ha supuesto á menudo que el influjo de la *volición* en el desarrollo del animal significa que éste ha hecho esfuerzos propios para que este desarrollo se efectúe en tal ó cual sentido. Por ejemplo: se ha hecho la suposición de que el influjo que la conciencia, la inteligencia ó el instinto del animal ejerce en su propio desarrollo, depende de los esfuerzos por él hechos para darle ésta ó la otra dirección. Como consecuencia de esta hipótesis, se ha creido que el tigre, persuadido de las ventajas de la piel listada, deseó que la suya lo fuese, y que ese deseo ha sido la causa de las listas que embellecen su piel. Esto es absurdo. La inteligencia ó el instinto han sido factores en el desenvolvimiento del organismo, pero *factores indirectos* y ajenos á él. Esa inteligencia ó ese instinto llevan al esfuerzo, y éste es el que tiene influencia en el desarrollo del ser. Un animal tiene hambre, y esa sensación le conduce á buscar el alimento. Sus esfuerzos para satisfacer esa necesidad le inducen tal vez á emigrar, ó á cambiar su género de alimentación, ó á luchar con otros animales; y todos esos esfuerzos son acaso poderosos factores para determinar alguna variedad futura en el animal. Asimismo pueden la conciencia, la inteligencia ó el instinto inducir á ciertos seres á complacerse en la sociedad de otros, ó á reconocer que en la asociación mutua encontrarán protección contra los enemigos comu-

nes. Esto dará margen á nuevos hábitos, y los hábitos sociales son un poderoso auxiliar para determinar la dirección á que hayan de tender las variedades hereditarias; probablemente no porque ellos en sí mismos sean la causa de las variedades, sino porque acaso determinan cuáles hayan de ser las que la selección natural acepte ó rechace. El instinto puede llevar al antílope á reconocer que no puede luchar contra el león: esto le inducirá á huir de él, y la costumbre de huir con velocidad le dará la facultad de correr; sin que eso quiera decir que el antílope desee poseer esa facultad, sino que sólo los animales que la tienen pueden librarse del león. De este instinto resultará, *indirecta* y no directamente que sus piernas sean más largas y sus músculos corredores más fuertes. Es indudable que la conciencia, la inteligencia ó el instinto han sido agentes de no poca importancia en el desenvolvimiento de los tipos más elevados de la escala orgánica. Su acción sólo puede concebirse de una manera confusa; mas debe incluirse como uno de tantos factores influyentes en la evolución del organismo.

Después de todo, éstas no son más que cuestiones acerca del modo de obrar de ciertos factores fundamentales bien demostrados. Ya sea por selección natural, ya por la herencia de caracteres adquiridos originados por el medio ambiente, ya por efecto del aislamiento individual ó en grupos, la formación del organismo siempre se ha verificado de la misma manera. Un ser orgánico, ora por influencia directa de los medios que le cercan, ora como resultado de la combinación con otro sexo del plasma-germen, manifiesta una variedad de sus progenitores. Esta manifestación es útil para su poseedor, que vive y la transmite con ca-

rácter permanente á su descendencia. Así se ha ido agregando poco á poco una parte á otra, hasta que el ser llegó á la complicada estructura que se llama animal ó planta. Tal ha sido el método seguido por la Naturaleza en la formación de los organismos, basado en las tres propiedades de la célula viva, reproducción, variación y herencia.

5. **Sumario del poder de la Naturaleza en la formación de los organismos.**—Échese una ojeada sobre el terreno recorrido. El problema que había que resolver en estos últimos capítulos era investigar si la Naturaleza posee fuerzas que expliquen la formación de los seres vivos con sus componentes adaptados unos á otros por manera tal, que puedan actuar armónicamente para llegar á determinados fines. La *astronomía* ha demostrado que la Naturaleza tiene fuerzas para la creación de los mundos: la *geología*, que las tiene para la formación de valles y montañas, y la *química* que las tiene asimismo para hacer compuestos químicos. Pero el ser orgánico no es un mundo, ni un cuerpo material, ni un compuesto químico: es un *mecanismo organizado*. ¿Cuenta con fuerzas la Naturaleza para su formación? Ya se ha visto que por medio de los tres factores, *reproducción*, *variedad* y *herencia*, puede producir un organismo más ó menos complejo, con todas sus partes perfectamente ajustadas entre sí. Ahora bien: la diferencia entre un organismo y un fragmento de materia estriba en que sus partes se adaptan armónicamente para un fin determinado. Por tanto, si se admiten estos tres factores, se puede decir que la Naturaleza *posee fuerzas apropiadas para la formación de los organismos*. Estas fuerzas no son químicas, y por consiguiente, son distintas de las que producen la molécula química.

Aun no se ha llegado, sin embargo, al fondo de la cuestión para explicar el mecanismo de los seres vivos. Todo el procedimiento se basa en los tres factores citados que son las propiedades de la materia viva, pero no son como las universales de la Naturaleza, la *gravedad* y la fuerza ó *afinidad química*. Solamente existen los tres factores citados en el organismo; pero, ¿por qué sólo en el organismo? Esas tres propiedades de los factores de la materia viva son quizá las más maravillosas de la creación, y seguramente no se daría cima á la solución del problema si se basara todo el proceso de la formación del organismo en estos misteriosos fenómenos y se dejaran sin explicación. Débese, por tanto, ver si es posible llegar algo más allá para encontrar alguna explicación de estos poderes fundamentales del organismo viviente.

Hay que confesar, sin embargo, que por ahora es preciso hacer alto aquí sobre este punto, sin que sea dado ir más adelante con certeza ni siquiera con probabilidades de éxito. Se puede decir que la variedad y la herencia son las únicas fases de la reproducción y que ésta es una propiedad de la célula viva. Se puede decir que esta facultad reproductora depende de las de asimilación y crecimiento, porque la división celular es resultado del crecimiento ó desarrollo de la célula. Puede decirse también que ese crecimiento y esa asimilación son procesos químicos que provienen de la oxidación del alimento y por tanto, que todos esos procesos pueden reducirse á fuerzas químicas. En este sentido hay que considerar como químico el fundamento de los fenómenos vitales. Pero, esto dista mucho de satisfacer. En primer lugar, no explica por qué sólo la célula

tiene estas propiedades que otros cuerpos no poseen, ni por qué el protoplasma es el *único* que las tiene, cesando inmediatamente con la muerte, que también queda sin explicación. En segundo lugar, no da razón de las maravillas de la división celular, de la que resulta la transmisión por herencia. Hay que volver inevitablemente á la estructura del protoplasma y decir, que el mecanismo de la célula está tan perfectamente ajustado que cuando actúa el organismo en conjunto, es capaz de transformar la energía de composición química en direcciones determinadas. Estas propiedades fundamentales son, por tanto, propiedades del mecanismo celular, como el imprimir es propiedad de la prensa. No se puede contar, para explicar los fenómenos de la vida por medio de los fenómenos químicos, más de lo que puede contarse para la impresión con las fuerzas químicas manifestadas por la combustión del carbón. Es indudable que esas fuerzas acumuladas en el departamento de las máquinas son las que suministran la energía; pero, el mecanismo de la prensa es lo que explica la impresión. De igual modo, si bien las fuerzas químicas son las que proveen á la energía vital, el mecanismo de la célula es el que puede explicar las propiedades fundamentales de la vida puramente material. Ínterin la máquina está intacta puede continuar funcionando completamente; mas es muy delicada y con facilidad se rompe, cesando inmediatamente sus actividades. Una máquina rota no funciona: está muerta. En suma, hay que volver de nuevo al mecanismo del protoplasma y buscar en su estructura la explicación de sus propiedades.

Aun hay biólogos que insisten en que el protoplasma es puramente químico y que los fenó-

menos vitales se manifiestan como mezclas de compuestos que son sólo mezclas físicas y no mecanismos. Pretenden que gran parte de la estructura celular antes descrita se debe á la imperfección de los procedimientos microscópicos y no existe realmente en el protoplasma vivo. Pretenden, además, que éste consiste en una mezcla física de dos compuestos diferentes que forman una especie de espuma al mezclarse y que gran parte de la estructura que se ha descrito del protoplasma, no es más que la presencia de esa espuma. Verdad es que este concepto no es el que prevalece hoy, y aun cuando fuera correcto, siempre quedaría la célula como un mecanismo en extremo complicado. Desde cualquiera punto de vista que se considere ésta, es un mecanismo y debe subdividirse en partes subordinadas. No se sabe con certeza si éstas han de mirarse simplemente como compuestos químicos físicamente mezclados, ó como unidades más pequeñas, cada una de las cuales es á su vez un mecanismo más pequeño. Sea lo que quiera, no se conoce ningún protoplasma simple capaz de actividades vitales si está separado del mecanismo, y el problema de la explicación de la vida en su forma más sencilla, continúa siendo á la vez el problema de la explicación de un mecanismo.

6. **Origen del mecanismo de la célula.**—Ofrécese ahora otro problema que, bien mirado, es el fundamental: averiguar si se conoce algo del método seguido por la Naturaleza para la formación del mecanismo protoplasmático. Ya se ha visto que la de los animales y plantas superiores es resultado de las facultades del protoplasma; pero, ¿es el protoplasma de por sí un mecanismo? ¿Cuál ha sido su desenvolvimiento?

Nótese, ante todo, que ninguna noción de *evolución química* puede ayudar en este asunto. Ha sido una idea muy generalizada la de que había algo en los seres vivos que procedía de la evolución química. Á la manera como de la masa de la nebulosa original en el planeta, se produjo, como resultado de las fuerzas físicas, un sistema más y más complicado hasta que se formó el mundo, así también los fenómenos químicos se complicaron más y más hasta que se formó el protoplasma. Hace algunos años, bajo el influjo de la idea de que el protoplasma era un compuesto ó á lo menos, una mezcla simple de compuestos, tenía gran importancia el concepto de que era resultado de la evolución química. Las *fuerzas físicas*, las *químicas* y las *vitales* explicaban perfectamente la existencia de los *mundos*, del *protoplasma* y de los *organismos*. Sin embargo, la importancia de este concepto no se prolongó mucho. No conociéndose ningún compuesto químico vivo, excepción hecha del mecanismo de las células, se ha formado una nueva idea del protoplasma que exige se explique su origen de diferente manera. Toda vez que más que un compuesto es un mecanismo, natural es buscar su explicación más en las fuerzas mecánicas que en las químicas.

¿Existe algún dato acerca de este mecanismo protoplasmático? La respuesta es negativa. Lo complejo de la célula muestra palpablemente que no puede ser la última substancia viva producto de la evolución química. Formada de partes adaptadas con gran precisión para que funcionen armónicamente, depende su actividad de las relaciones de estas partes. Sea la que quiera la misión que estas fuerzas químicas hayan llenado, nunca pueden haber combinado cuerpos diferen-

tes para constituir *lintin*, *centrosomos*, *cromosomos*, etc., que son la base de la vida celular. Por consiguiente, debe presumirse, ó que fué producida por algún poder inteligente desconocido en su actual estado de adaptación compleja, ó que se ha formado lentamente por etapas sucesivas, como se ve que se ha verificado en los organismos superiores. Esta última hipótesis es la que se halla más en armonía con las ideas generalmente admitidas. Hoy, el protoplasma se produce sólo de otro protoplasma, pero es indudable que el primitivo reconoce otro origen y hay que estudiar los hechos que nos guíen para comprenderlo. Ya se sabe que los animales y las plantas se forman de la célula simple, como resultado de sus potencias que actúan por los medios ordinarios de la Naturaleza. Según este orden de ideas hay que suponer que con anterioridad al período estudiado ya de la formación del mecanismo, hay otro en el que éste se formó por otras fuerzas naturales.

Pero de aquí no se puede pasar, porque ninguno de los conocimientos actuales da idea acerca del modo de formarse ese mecanismo. No obstante, hay en la Naturaleza fuerzas eficaces para la formación de los organismos, lo mismo que las hay para la de los compuestos químicos; lo que sugiere el pensamiento de que pueda haber fuerzas similares activas para la formación del protoplasma. Si se pudieran encontrar fuerzas naturales por las que se pueda constituir del fragmento un organismo complicado como el de un toro, por ejemplo, lógico era imaginar que esas fuerzas hubieran podido formar esa máquina más sencilla de que ahora se trata. Esta deducción no es exacta, sin embargo, porque el factor prin-

cipal en la formación de este organismo es la reproducción con su correspondiente secuela de herencia y variedad, sin las que nada se puede adelantar en este terreno. Siendo estas propiedades consecuencia del mecanismo del protoplasma, no hay razón para creer que la reproducción ocurra en otro cuerpo más que en él. Luego, si la facultad reproductora es el resultado de la estructura de éste, no puede utilizarse este factor para explicar su origen. Las potencias del organismo entero no pueden tomarse en consideración para dar cuenta de este origen. Así, falta el factor fundamental para la formación del organismo, y si se quieren comprender los procedimientos de la Naturaleza para producir el protoplasma de estructura más sencilla, hay que suponer también que los componentes de la célula son susceptibles de reproducción y están sujetos á la herencia, ó que buscar algún otro proceso. Todavía á principio del siglo XX, no se ha encontrado ninguno ni se tienen indicios de la dirección en que haya de buscarse. Mas el hecho de que la Naturaleza posee medios para formar el organismo, ofrece probabilidades de que más tarde ó más temprano han de descubrirse esos procedimientos.

Inútil es tratar de llegar más allá en la época actual. El origen de la materia viva continúa envuelto en la misma obscuridad. Los descubrimientos hechos por medio del microscopio acaso hayan complicado el problema en vez de simplificarlo. Hace algunos años, los químicos y los biólogos esperaban llenos de entusiasmo hallar el modo de elaborar un fragmento de protoplasma por medios artificiales, esperanza que se ha desvanecido por completo. Se pueden manipular las fuerzas químicas y producir una serie intermi-

nable de compuestos; pero no se puede manipular el átomo más insignificante de los que constituyen el ser animado. Toda vez que la substancia viva es producto de la adaptación de estas partes microscópicas de materia, no hay esperanzas de elaborar un fragmento de esa substancia, ínterin no se descubran medios de formar estos pequeños fragmentos y ajustarlos á otros. Por eso todos los que estudian actualmente el protoplasma han abandonado toda ilusión en este sentido y se está tan lejos hoy de haber llegado á una explicación natural de la vida, como se estaba antes del descubrimiento del protoplasma.

7. **Sumario general.**—El problema es averiguar hasta qué punto son aplicables á la organización las leyes y fuerzas naturales, y si es necesario apelar á otros recursos de la Naturaleza para explicar los fenómenos de la vida, ó si las fuerzas vitales están en correlación con las físicas. Es evidente que el organismo es una máquina que, como todas, se compone de partes ajustadas entre sí para el cumplimiento de determinados fines y cuya acción depende del ajuste de estas partes. Como todas las otras máquinas también, ni crea ni destruye energías, sino que convierte la energía *potencial* del alimento en alguna forma de energía *activa*, terminando su poder cuando el mecanismo se rompe.

Sentados estos antecedentes, el problema se descompone en dos: primero, determinar hasta dónde las fuerzas y leyes físicas y químicas son aplicables á la interpretación de los varios fenómenos de la vida; y el segundo, determinar si hay fuerzas conocidas que puedan dar una explicación natural del origen del organismo. Claro

es que si el primero de estos problemas es insoluble, el otro lo será también.

En el estudio del primero se ha llegado á la conclusión general de que los fenómenos secundarios de la vida se interpretan fácilmente por la aplicación de las fuerzas químicas y físicas que actúan en el organismo. Estos fenómenos comprenden procesos tales como la *digestión* y *absorción* del alimento, la *circulación*, la *respiración*, las *secreciones*, los *movimientos*, etc. Los fenómenos nerviosos entran en esta categoría, á lo menos, en lo concerniente á la *fuerza nerviosa*. Sin embargo, nos vemos obligados á excluir de esta correlación los *fenómenos mentales*, que no pueden medirse ni está demostrado que sean correlativos de las energías físicas. En otras palabras, no se ha probado aún que la fuerza mental sea una energía, y si no lo es, no se puede incluir en las leyes que rigen la energía física del universo. Aunque existe una estrecha relación entre los cambios físicos en las células cerebrales y los fenómenos mentales no se ha podido encontrar conexión entre el *poder mental* y la *fuerza física*. Los demás fenómenos secundarios se interpretan perfectamente en el mecanismo orgánico por la acción de las fuerzas químicas y físicas.

Si los fenómenos secundarios de la vida se comprenden como resultado de la estructura del organismo, hay otros fundamentales que han llamado constantemente la atención como *base* de estas actividades secundarias. La *contracción*, la facultad de producir ciertos cambios químicos de los que resulta el *metabolismo*, la *sensibilidad*, la *reproducción*, etc., fundamentales en todas las actividades vivientes, son los fenómenos que en realidad hay que interpretar. Pero éstos no son pecu-

liares de las máquinas complicadas, porque puede eliminarse todo el mecanismo visible del animal ó de la planta, y encontrar desarrolladas estas propiedades, hasta en el fragmento más pequeño de materia viva. Para conocer su significación se ha vuelto al estudio de la forma más sencilla de la materia en que estas propiedades se manifiestan. Este estudio dirige inmediatamente la atención al del protoplasma, que es la forma más simple dotada de vida. Creyóse al principio que era un cuerpo homogéneo y se le consideró como un compuesto químico de gran complexidad. Si esto fuera cierto, sus propiedades dependerían de su composición y se explicarían por las fuerzas químicas, concepción que hubiera resuelto inmediatamente el problema reduciendo las propiedades vitales á poderes químicos. Pero se probó que eso era ilusorio, demostrando el protoplasma mismo que no era un compuesto químico, sino un mecanismo admirablemente intrincado.

Hase comprobado también que los fenómenos fundamentales de la vida y del protoplasma son *químicos* y *mecánicos* al propio tiempo. El *metabolismo* es producto de la *oxidación* de los alimentos, y el *movimiento*, efecto de transferencia de fuerzas. El problema se resuelve por sí mismo si se encuentran las potencias que guían la acción de estas fuerzas naturales. Ni el alimento se oxida como no sea en presencia del protoplasma, ni el metabolismo se verifica sin el protoplasma *vivo*. Luego éste contiene en sí el poder de guiar esta fuerza química por manera tal, que dé origen á los fenómenos vitales; y lo que hay que buscar no son las fuerzas físicas, sino el principio que las dirige. El estudio que se ha hecho del protoplasma ha enseñado que se puede hallar este prin-

cipio en la acción recíproca del mecanismo y el protoplasma. El microscopio ha dicho bastante claro que estos principios fundamentales se basan en el mecanismo. El centrosomo domina la división celular (reproducción); los cromosomos dominan la herencia; el núcleo general, el metabolismo constructor, mientras que la substancia celular que está fuera del núcleo, domina el metabolismo destructor. Que estas conclusiones sean ó no exactas en sus detalles, no afectan la conclusión general, estando ampliamente demostrado que las propiedades del protoplasma dependen de las relaciones entre sus diversos componentes. Como se ve, aun descartando la complicada maquinaria del organismo en conjunto, todavía se está frente á frente del mecanismo de la célula.

El análisis no puede ir hoy más allá. El conocimiento de esta máquina no permite todavía penetrar en sus métodos activos. No es posible concebir cómo esta máquina dispone el dominio de las fuerzas físicas y químicas para producir el curso regular y ordenado de la vida. La íntima relación entre las fuerzas del universo físico y las manifestadas por el protoplasma, demuestra que en su interior ocurre una transformación de energía; pero nada prueba acerca del procedimiento. La *irritabilidad*, el *movimiento*, el *metabolismo* y la *reproducción* no parecen propiedades químicas de una máquina. El análisis químico del organismo animado se detiene aquí, sin llegar á ninguna conclusión relativa á las fuerzas químicas de la Naturaleza.

Como se ve, los fenómenos vitales dependen del mecanismo de los objetos vivos, presentándose, por tanto, la segunda cuestión respecto al origen de este mecanismo. Se han hecho laborio-

sas investigaciones acerca de las fuerzas químicas y mecánicas, sin haber encontrado ninguna apropiada para la formación de los organismos. Esas fuerzas sólo producen compuestos químicos y mundos con sus montañas y sus mares. La manufactura de las máquinas ha requerido inteligencia; pero aquí se trata de una máquina natural, el organismo, que según los conocimientos actuales, es la única máquina producida por métodos naturales, y por eso se pregunta si hay en la Naturaleza fuerzas capaces de formar máquinas como los animales y las plantas.

Como contestación á esta pregunta se ha visto que los organismos complicados se formaron de los más sencillos, por la acción de leyes y fuerzas conocidas. Los factores en la construcción de esta máquina son tan sólo las propiedades fundamentales de la vida del protoplasma más sencillo. La reproducción, la herencia y las variedades, activas bajo las circunstancias más diversas, son, en apariencia á lo menos, las propiedades necesarias para interpretar la formación de los organismos complicados procedentes de los más sencillos. La naturaleza posee fuerzas adecuadas para esa formación, como las posee para la elaboración de compuestos químicos y de mundos.

Pero también en este caso es imposible hallar una explicación basada en las fuerzas físicas y químicas. La reproducción, la herencia y las variedades son propiedades de la célula, y se hace necesario explicar ésta. ¿Puede darse una interpretación química del origen del protoplasma? La de la célula es imposible, puesto que no es un compuesto químico, sino parte de un mecanismo; no siendo posible, tampoco, la relativa al origen de los animales y de las plantas. Los factores de

que depende esta explicación son factores al mismo tiempo de esa máquina compleja y por tanto, no pueden utilizarse para interpretar su procedencia. Así, no queda ningún principio ó base para proseguir más adelante en este asunto. Las células deben haber tenido una historia en su formación; pero no se concibe cuál sea la fuerza que haya contribuído á ella. No se sabe todavia si los fenómenos de la vida pueden manifestarse por una mezcla de compuestos más simples que la célula, mezcla que se desconoce también.

Los grandes problemas que todavía quedan sin solución y que apenas se han tocado por la biología á pesar de todos sus esfuerzos por encontrar una explicación mecánica del organismo viviente, son tres: El primero es la *relación de las facultades mentales con los fenómenos generales de la correlación de las fuerzas.* El segundo, el *conocimiento inteligible del mecanismo del protoplasma* que lo pone en estado de servir de guía á las fuerzas físicas y químicas de la Naturaleza para producir resultados definitivos. Y el tercero, investigar *qué clase de fuerzas* pueden haber contribuído al origen del más simple de todos los organismos—*la célula viva*—en cuyas actividades se basan todos los fenómenos vitales.

(1)

FIN

ÍNDICE

PRIMERA PARTE

EL FUNCIONAMIENTO DEL ORGANISMO VIVO

SEGUNDA PARTE

LA FORMACIÓN DEL ORGANISMO ANIMADO

J. M. Pérez Treviño

Monterrey Abril 8 de 907